

# 3

EXPRESS MAIL NO. EL 920 880 277 US

DATE OF DEPOSIT 12/18/01

Our File No. 9281-4252  
Client Reference No. N US00118

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of: )  
Kiyoshi Sato et al. )  
Serial No. To Be Assigned )  
Filing Date: Herewith )  
For: Perpendicular Magnetic Recording )  
Head Including Nonmagnetic Layer )  
Overlaying Main Pole Layer )

Jc715 U.S. PTO  
10/025143  
12/18/01


**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT**

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Dear Sir:

Transmitted herewith is a certified copy of priority document Japanese Patent Application No. 2000-394723, filed December 26, 2000 for the above-named U.S. application.

Respectfully submitted,

  
\_\_\_\_\_  
Gustavo Siller, Jr.  
Registration No. 32,305  
Attorney for Applicants

BRINKS HOFER GILSON & LIONE  
P.O. BOX 10395  
CHICAGO, ILLINOIS 60610  
(312) 321-4200

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

Jc715 U.S. PTO  
10/025143  
12/18/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年12月26日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-394723

出 願 人

Applicant(s):

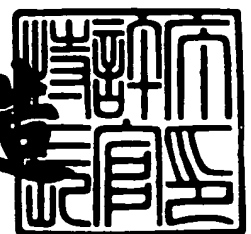
アルプス電気株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年 9月20日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3086774

【書類名】 特許願

【整理番号】 001274AL

【提出日】 平成12年12月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 5/39

【発明の名称】 垂直磁気記録ヘッドおよびその製造方法

【請求項の数】 22

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社  
社内

【氏名】 佐藤 清

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社  
社内

【氏名】 小林 潔

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社  
社内

【氏名】 矢澤 久幸

【特許出願人】

【識別番号】 000010098

【氏名又は名称】 アルプス電気株式会社

【代表者】 片岡 政隆

【代理人】

【識別番号】 100085453

【弁理士】

【氏名又は名称】 野▲崎▼ 照夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 041070

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 垂直磁気記録ヘッドおよびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 記録媒体との対向面に、補助磁極層と主磁極層とが間隔を開けて位置し、前記対向面よりもハイト方向後方に前記補助磁極層と前記主磁極層とに記録磁界を与えるコイル層が設けられ、前記主磁極層に集中する垂直磁界によって、前記記録媒体に磁気データを記録する垂直磁気記録ヘッドにおいて、

前記主磁極層の上には、非磁性層が形成されており、

前記対向面よりもハイト方向後方では前記補助磁極層から立ち上がる接続層が設けられ前記接続層の周囲を前記コイル層が巻回形成されており、前記主磁極層と前記接続層間が磁氣的に接続されていることを特徴とする垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 2】 前記主磁極層と接続層間はヨーク層によって磁氣的に接続されている請求項 1 記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 3】 前記非磁性層は非磁性金属材料で形成されている請求項 1 または 2 に記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 4】 前記主磁極層と前記非磁性層とは、メッキで形成されている請求項 3 記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 5】 前記対向面に現れている前記主磁極層の前端面は、下面から上面に向けてトラック幅方向の幅寸法が広がる形状で形成されている請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 6】 前記前端面の両側端面は、傾斜面あるいは湾曲面で形成されている請求項 5 記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 7】 前記主磁極層は磁性材料からなるメッキ下地層上に形成され、前記メッキ下地層のトラック幅方向における両側端面の少なくとも一部は、前記主磁極層の下面のトラック幅方向の端部よりもトラック幅方向へはみ出して形成されており、そのはみ出し量は、記録媒体への記録時にスキュー角が生じたときに、前記記録媒体に記録される記録トラック幅  $T_w 1$  からはみ出さない長さである請求項 5 または 6 に記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 8】 前記主磁極層は磁性材料からなるメッキ下地層上に形成され、前記メッキ下地層のトラック幅方向における両側端面は、前記主磁極層のトラック幅方向における両側端面と連続面とされ、前記メッキ下地層のトラック幅方向への幅寸法は、前記主磁極層の下面のトラック幅方向への幅寸法以下で形成される請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 9】 前記主磁極層は非磁性金属材料からなるメッキ下地層上に形成される請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 1 0】 前記非磁性金属材料からなるメッキ下地層のトラック幅方向の幅寸法が、前記主磁極層の下面のトラック幅方向の幅寸法よりも大きい請求項 9 記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 1 1】 前記主磁極層の飽和磁束密度が、前記ヨーク層の飽和磁束密度よりも高い請求項 2 ないし 1 0 のいずれかに記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 1 2】 前記補助磁極層上には絶縁層が形成され、この絶縁層内に前記コイル層が埋設され、前記接続層の上面は前記絶縁層の上面と同一平面で形成され、

前記絶縁層上面及び接続層上面に前記ヨーク層が形成され、前記ヨーク層の前端面は、前記対向面よりもハイト方向後方に位置しており、

前記主磁極層及び非磁性層は、前記ヨーク層の前記前端面と前記対向面間に位置する前記絶縁層上面から前記ヨーク層上面にかけて形成されている請求項 2 ないし 1 1 のいずれかに記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 1 3】 前記ヨーク層の前端面は下面から上面にかけてハイト方向に傾く傾斜面あるいは湾曲面で形成されている請求項 1 2 記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 1 4】 前記補助磁極層上には絶縁層が形成され、この絶縁層内に前記コイル層が埋設され、前記接続層の上面は前記絶縁層の上面と同一平面で形成され、

前記絶縁層上面及び接続層上面に前記ヨーク層が形成され、前記ヨーク層の前端面は、前記対向面よりもハイト方向後方に位置しており、

前記ヨーク層の前記前端面と前記対向面間には第 2 の絶縁層が形成され、前記

ヨーク層の上面と前記第 2 の絶縁層の上面とが同一平面で形成され、

前記主磁極層及び非磁性層は、前記第 2 の絶縁層の上面から前記ヨーク層の上面にかけて形成されている請求項 2 ないし 1 1 のいずれかに記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 1 5】 前記ヨーク層の前端面は上面から下面にかけてハイト方向に傾く傾斜面あるいは湾曲面で形成されている請求項 1 4 記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 1 6】 前記ヨーク層と主磁極層とが重なる位置での前記ヨーク層の前記対向面と平行な方向からの断面積は、前記主磁極層の前記対向面と平行な方向からの断面積よりも大きい請求項 1 2 ないし 1 5 のいずれかに記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 1 7】 以下の工程を有することを特徴とする垂直磁気記録ヘッドの製造方法。

- (a) 磁性材料で補助磁極層を形成する工程と、
- (b) 前記補助磁極層上であって、記録媒体との対向面よりもハイト方向後方に接続層を形成し、次に前記対向面と接続層間に、前記補助磁極層上に絶縁下地層を介してコイル層を形成した後、前記コイル層上を絶縁層で埋める工程と、
- (c) 前記絶縁層の表面を削り、前記絶縁層上面と前記接続層上面を同一面とする工程と、
- (d) 前記絶縁層上に前端面が前記対向面よりもハイト方向後方に位置し且つ前記接続層上にまで延びるヨーク層を形成する工程と、
- (e) 前記絶縁層上及びヨーク層上にメッキ下地層を形成し、さらに前記メッキ下地層上にレジスト層を形成し、前記レジスト層に前記対向面での絶縁層上から前記ヨーク層上にまで延びる抜きパターンを形成する工程と、
- (f) 前記抜きパターン内に主磁極層と非磁性金属材料から成る非磁性層を連続メッキした後、前記レジスト層を除去する工程と、
- (g) 前記主磁極層と非磁性層のトラック幅方向における両側側面をミリングで削る工程。

【請求項 1 8】 前記 (g) 工程において、前記主磁極層下の前記メッキ下

地層を残し、それ以外のメッキ下地層をミリングで削る請求項 1 7 記載の垂直磁気記録ヘッドの製造方法。

【請求項 1 9】 前記 (d) 工程を除き、前記 (e) 工程で、メッキ下地層を絶縁層上に形成し、さらに前記メッキ下地層上にレジスト層を形成し、前記レジスト層に前記対向面での絶縁層から前記接続層上にまで延びる抜きパターンを形成する請求項 1 7 または 1 8 に記載の垂直磁気記録ヘッドの製造方法。

【請求項 2 0】 前記 (e) 工程に代えて、以下の工程を有する請求項 1 7 または 1 8 に記載の垂直磁気記録ヘッドの製造方法。

(h) 前記ヨーク層の周囲を第 2 の絶縁層で埋め、前記第 2 の絶縁層の表面を削り、前記第 2 の絶縁層の上面と前記ヨーク層の上面とを同一面にする工程と、

(i) 前記第 2 の絶縁層及びヨーク層上にメッキ下地層を形成し、さらに前記メッキ下地層上にレジスト層を形成し、前記レジスト層に前記対向面での前記第 2 の絶縁層上から前記ヨーク層上にまで延びる抜きパターンを形成する工程。

【請求項 2 1】 前記 (e) 工程あるいは (i) 工程において、少なくとも前記対向面でのトラック幅方向の内幅寸法が、下面から上面にかけて広がる抜きパターンを前記レジスト層に形成する請求項 1 7 ないし 2 0 のいずれかに記載の垂直磁気記録ヘッドの製造方法。

【請求項 2 2】 前記メッキ下地層を非磁性金属材料で形成する請求項 1 7 ないし 2 1 のいずれかに記載の垂直磁気記録ヘッドの製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0 0 0 1】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、ハード膜を有するディスクなどの記録媒体に対して垂直磁界を与えて記録を行う垂直磁気記録ヘッドに係り、主磁極層の高さ寸法及びトラック幅方向の寸法を適切に所定値内で形成することが可能な垂直磁気記録ヘッド及びその製造方法に関する。

##### 【0 0 0 2】

#### 【従来の技術】

ディスクなどの記録媒体に磁気データを高密度で記録する装置として垂直磁気



記録方式がある。図 2 8 は前記垂直磁気記録方式の装置に使用される垂直磁気記録ヘッドの一般的な構造を示す断面図である。

## 【 0 0 0 3 】

図 2 8 に示すように、垂直磁気記録方式の垂直磁気記録ヘッド H は、記録媒体上を浮上して移動しまたは摺動するスライダ 1 の側端面に設けられるものであり、例えばスライダ 1 の側端面 1 a において、前記垂直磁気記録ヘッド H は、非磁性膜 2 と、非磁性の被覆膜 3 との間に配置される。

## 【 0 0 0 4 】

前記垂直磁気記録ヘッド H は、強磁性材料で形成された補助磁極層 4 と、前記補助磁極層 4 の上に間隔を開けて形成された同じく強磁性材料で形成された主磁極層 5 とを有しており、前記補助磁極層 4 の端面 4 a と前記主磁極層 5 の端面 5 a とが、記録媒体 M との対向面 H a に現れている。前記対向面 H a よりも奥側において、前記補助磁極層 4 と前記主磁極層 5 は、磁気接続部 6 において磁氣的に接続されている。

## 【 0 0 0 5 】

前記補助磁極層 4 と前記主磁極層 5 との間には  $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$  などの無機材料による非磁性絶縁層 7 が位置しており、前記対向面 H a では、この非磁性絶縁層 7 の端面 7 a が、前記補助磁極層 4 の端面 4 a と前記主磁極層 5 の端面 5 a との間に現れている。

## 【 0 0 0 6 】

そして、前記非磁性絶縁層 7 内には、Cu などの導電性材料で形成されたコイル層 8 が埋設されている。

## 【 0 0 0 7 】

図 2 8 に示すように、主磁極層 5 の端面 5 a の厚み  $h_w$  は、補助磁極層 4 の端面 4 a の厚み  $h_r$  よりも小さくなっている。また前記主磁極層 5 のトラック幅方向（図示 X 方向）の端面 5 a の幅寸法はトラック幅  $T_w$  であり、この幅寸法は、前記補助磁極層 4 のトラック幅方向の端面 4 a の幅寸法よりも十分に小さくなっている。

## 【 0 0 0 8 】

前記垂直磁気記録ヘッドHにより磁気記録が行われる記録媒体Mは、垂直磁気記録ヘッドHに対してZ方向へ移動するものであり、その表面にハード膜Maが内方にソフト膜Mbが設けられている。

## 【0009】

前記コイル層8に通電されることにより補助磁極層4と主磁極層5とに記録磁界が誘導されると、補助磁極層4の端面4aと、主磁極層5の端面5aとの間での漏れ記録磁界が、記録媒体Mのハード膜Maを垂直に通過し、ソフト膜Mbを通る。ここで、前記のように主磁極層5の端面5aの面積が、補助磁極層4の端面4aでの面積よりも十分に小さくなっているため、主磁極層5の端面5aの対向部分で磁束 $\phi$ が集中し、端面5aが対向する部分での前記ハード膜Maに対し、前記磁束 $\phi$ により磁気データが記録される。

## 【0010】

図29は、図28に示す垂直磁気記録ヘッドの製造方法を示す一工程図である。

## 【0011】

前記主磁極層5は、図示しないレジスト層によって図のようにメッキ形成された後、前記非磁性絶縁層7の上面に形成されたメッキ下地層9のうち、前記主磁極層5の下以外に形成されたメッキ下地層9a、9aをミリングにて除去する。このように不必要な前記メッキ下地層9aを除去することで、膜内では、例えば前記コイル層8に電流を導くためのリード層と前記メッキ下地層9aとが接触するのを防止でき、電気特性を良好に保つことができる。

## 【0012】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら図29に示すように、不必要なメッキ下地層9aをミリングにて除去している最中、前記主磁極層5の上面も前記ミリングの影響を受けて削られ、前記主磁極層5の高さ寸法がL1からL2に減少してしまう。前記主磁極層5の高さ寸法が小さくなり、前端面5aの面積が小さくなるとオーバーライト特性等の低下を招き好ましくない。

## 【0013】

しかも前記メッキ下地層 9 a を除去すると、前記メッキ下地層 9 a の構成材料が前記主磁極層 5 の両側端面 5 b, 5 b に付着し (矢印 B)、トラック幅 T w が大きくなるため、前記両側端面 5 b に付着した付着膜 9 b を除去しなければならない。

## 【 0 0 1 4 】

ところが、前記付着膜 9 b を図 2 9 に示す斜め方向 A からのミリングで除去すると、それと共に前記主磁極層 5 の上面も削られ、さらに前記前端面 5 a の高さ寸法は減少してしまう。

## 【 0 0 1 5 】

また今後の高記録密度化に伴い狭トラック化を図ることが必要であるが、前記主磁極層 5 の前端面 5 a の両側端面 5 b を斜め方向からのミリングで削りトラック幅 T w を小さくしても同時に前記前端面 5 a の上面も削られて高さ寸法が小さくなるため、前記前端面 5 a の面積を所定値内に収めることが非常に難しく、オーバーライト特性等の記録特性の低下を招く。

## 【 0 0 1 6 】

このように図 2 8、2 9 に示す従来の垂直磁気記録ヘッドの構造では、前記主磁極層 5 の高さ寸法を一定に保ったまま、前記主磁極層 5 の両側端面 5 b に付着した付着膜 9 b を除去できず、また前記主磁極層 5 の狭トラック化を図ることができず、すなわちトラック幅方向の幅寸法の制御と、高さ寸法の制御とを独立して行うことが不可能であった。

## 【 0 0 1 7 】

そこで本発明は上記従来の課題を解決するものであり、主磁極層上に非磁性層を重ねて形成することで、前記主磁極層 5 の高さ寸法を一定に保ったまま、前記主磁極層の両側端面に付着した付着膜を除去でき、さらに前記主磁極層の狭トラック化を図ることが可能な垂直磁気記録ヘッド及びその製造方法を提供することを目的としている。

## 【 0 0 1 8 】

## 【課題を解決するための手段】

本発明は、記録媒体との対向面に、補助磁極層と主磁極層とが間隔を開けて位

置し、前記対向面よりもハイト方向後方に前記補助磁極層と前記主磁極層とに記録磁界を与えるコイル層が設けられ、前記主磁極層に集中する垂直磁界によって、前記記録媒体に磁気データを記録する垂直磁気記録ヘッドにおいて、

前記主磁極層の上には、非磁性層が形成されており、

前記対向面よりもハイト方向後方では前記補助磁極層から立ち上がる接続層が設けられ前記接続層の周囲に前記コイル層が巻回形成されており、前記主磁極層と前記接続層間が磁氣的に接続されていることを特徴とするものである。

#### 【 0 0 1 9 】

本発明では、上記のように主磁極層の上に非磁性層が重ねて形成されている。前記非磁性層は、ミリングの際に前記主磁極層を保護すべきカバー層の役割を有し、前記主磁極層の高さ寸法を一定値に保ちながら、製造工程の際に前記主磁極層の両側端面に付着したメッキ下地層の付着膜を適切に除去でき、また前記主磁極層のトラック幅  $T_w$  を小さくすることができ、トラック幅方向の幅寸法の制御と高さ寸法の制御とを独立して行うことが可能になっている。

#### 【 0 0 2 0 】

従って本発明では、前記主磁極層の前端面を所定のトラック幅  $T_w$  及び高さ寸法で形成でき、よって前記前端面の面積を所定値内に収めやすく、オーバーライト特性等の諸特性を向上させることが可能である。

#### 【 0 0 2 1 】

また本発明では、前記非磁性層は非磁性金属材料で形成されていることが好ましく、さらに前記主磁極層と前記非磁性層とは、メッキで形成されていることが好ましい。これにより前記主磁極層と非磁性層とを連続メッキ形成でき、製造工程の簡略化を図ることができる。

#### 【 0 0 2 2 】

また本発明では、前記主磁極層と接続層間はヨーク層によって磁氣的に接続されていることが好ましい。

#### 【 0 0 2 3 】

また本発明では、前記対向面に現れている前記主磁極層の前端面は、下面から上面に向けてトラック幅方向の幅寸法が広がる形状で形成されていることが好ま

しく、このとき前記前端面の両側端面は、傾斜面あるいは湾曲面で形成されていることが好ましい。

## 【 0 0 2 4 】

また本発明では、前記主磁極層は磁性材料からなるメッキ下地層上に形成され、前記メッキ下地層のトラック幅方向における両側端面の少なくとも一部は、前記主磁極層の下面のトラック幅方向の端部よりもトラック幅方向へはみ出して形成されており、そのはみ出し量は、記録媒体への記録時にスキュー角が生じたときに、前記記録媒体に記録される記録トラック幅  $T_w 1$  からはみ出さない長さであることが好ましい。これによりフリンジングの発生を防止でき、オフトラック性能の向上を図ることができる。ただし前記主磁極層の前端面の形状は、下面から上面に向けてトラック幅方向の幅寸法が広がる形状に限定される。

## 【 0 0 2 5 】

また本発明では、前記主磁極層は磁性材料からなるメッキ下地層上に形成され、前記メッキ下地層のトラック幅方向における両側端面は、前記主磁極層のトラック幅方向における両側端面と連続面とされ、前記メッキ下地層のトラック幅方向への幅寸法は、前記主磁極層の下面のトラック幅方向への幅寸法以下で形成されることが好ましい。これにより適切にフリンジングの発生を抑制できる。なおかかる場合、前記主磁極層の前端面の形状は、下面から上面に向けてトラック幅方向の幅寸法が広がる形状で形成されていなくても、記録時にスキュー角が発生しなければ、例えば前記前端面が正方形や長方形等で形成されていても、記録時にフリンジングが発生せず、オフトラック性能を向上させることができる。

## 【 0 0 2 6 】

また本発明では、前記主磁極層は非磁性金属材料からなるメッキ下地層上に形成されることが好ましい。かかる場合、前記非磁性金属材料からなるメッキ下地層のトラック幅方向の幅寸法が、前記主磁極層の下面のトラック幅方向の幅寸法よりも大きくてもよい。前記メッキ下地層が非磁性金属材料で形成されている場合には、前記メッキ下地層が記録トラック幅  $T_w 1$  からはみ出す程度に長く形成されてもフリンジングの発生はなく、オフトラック性能の向上を図ることが可能である。

## 【 0 0 2 7 】

また本発明では前記主磁極層の飽和磁束密度が、前記ヨーク層の飽和磁束密度よりも高いことが好ましい。本発明では、前記主磁極層とヨーク層とを別工程で形成することが可能であるため、前記主磁極層とヨーク層とを異なる磁性材料で形成でき、前記主磁極層に高い飽和磁束密度を有する磁性材料を選択することが可能である。

## 【 0 0 2 8 】

また本発明では、前記補助磁極層上には絶縁層が形成され、この絶縁層内に前記コイル層が埋設され、前記接続層の上面は前記絶縁層の上面と同一平面で形成され、

前記絶縁層上面及び接続層上面に前記ヨーク層が形成され、前記ヨーク層の前端面は、前記対向面よりもハイト方向後方に位置しており、

前記主磁極層及び非磁性層は、前記ヨーク層の前記前端面と前記対向面間に位置する前記絶縁層上面から前記ヨーク層上面にかけて形成されていることが好ましい。

## 【 0 0 2 9 】

このとき前記ヨーク層の前端面は下面から上面にかけてハイト方向に傾く傾斜面あるいは湾曲面で形成されていることが好ましい。この実施形態は図 1 に示されている。

## 【 0 0 3 0 】

あるいは本発明では、前記補助磁極層上には絶縁層が形成され、この絶縁層内に前記コイル層が埋設され、前記接続層の上面は前記絶縁層の上面と同一平面で形成され、

前記絶縁層上面及び接続層上面に前記ヨーク層が形成され、前記ヨーク層の前端面は、前記対向面よりもハイト方向後方に位置しており、

前記ヨーク層の前記前端面と前記対向面間には第 2 の絶縁層が形成され、前記ヨーク層の上面と前記第 2 の絶縁層の上面とが同一平面で形成され、

前記主磁極層及び非磁性層は、前記第 2 の絶縁層の上面から前記ヨーク層の上面にかけて形成されていることが好ましい。このとき、前記ヨーク層の前端面は

上面から下面にかけてハイト方向に傾く傾斜面あるいは湾曲面で形成されていることが好ましい。この実施形態は図 2 に示されている。

【 0 0 3 1 】

また本発明では、前記ヨーク層と主磁極層とが重なる位置での前記ヨーク層の前記対向面と平行な方向からの断面積は、前記主磁極層の前記対向面と平行な方向からの断面積よりも大きいことが好ましい。これにより前記ヨーク層から主磁極層への磁束の流れを良好にでき、磁束の通過効率を向上させることが可能である。

【 0 0 3 2 】

また本発明における垂直磁気記録ヘッドの製造方法は、以下の工程を有することを特徴とするものである。

- (a) 磁性材料で補助磁極層を形成する工程と、
- (b) 前記補助磁極層上であって、記録媒体との対向面よりもハイト方向後方に接続層を形成し、次に前記対向面と接続層間に、前記補助磁極層上に絶縁下地層を介してコイル層を形成した後、前記コイル層上を絶縁層で埋める工程と、
- (c) 前記絶縁層の表面を削り、前記絶縁層上面と前記接続層上面を同一面とする工程と、
- (d) 前記絶縁層上に前端面が前記対向面よりもハイト方向後方に位置し且つ前記接続層上にまで延びるヨーク層を形成する工程と、
- (e) 前記絶縁層上及びヨーク層上にメッキ下地層を形成し、さらに前記メッキ下地層上にレジスト層を形成し、前記レジスト層に前記対向面での絶縁層上から前記ヨーク層上にまで延びる抜きパターンを形成する工程と、
- (f) 前記抜きパターン内に主磁極層と非磁性金属材料から成る非磁性層を連続メッキした後、前記レジスト層を除去する工程と、
- (g) 前記主磁極層と非磁性層のトラック幅方向における両側側面をミリングで削る工程。

【 0 0 3 3 】

本発明では、前記 (f) 工程で、レジスト層に形成された抜きパターン内に主磁極層と非磁性層を連続メッキしている。このため次の (g) 工程で、前記主磁

極層の両側端面をミリングで削る時、前記主磁極層の上面は前記非磁性層に守られているので、前記主磁極層の高さ寸法を一定値に保ったまま前記メッキ下地層の除去が可能である。前記主磁極層の両側端面を削ることで、前記主磁極層のトラック幅を狭くして狭トラック化に対応可能な垂直磁気記録ヘッドを製造できる。

## 【 0 0 3 4 】

また前記（g）工程において、前記主磁極層下の前記メッキ下地層を残し、それ以外のメッキ下地層をミリングで削ることが好ましい。このときも、前記非磁性層の上面はミリングで削られるが、前記主磁極層の上面は前記非磁性層に守られているので、前記主磁極層の高さ寸法を一定値に保ったまま前記メッキ下地層の除去を行うことが可能である。

## 【 0 0 3 5 】

また前記メッキ下地層を除去したとき、前記主磁極層の両側端面に付着した付着膜を前記主磁極層の高さ寸法を一定値に保ったまま除去することが可能である。

## 【 0 0 3 6 】

以上のように本発明における製造方法によれば、前記主磁極層の高さ寸法を所定値に保ったまま、狭トラック化を図ることができ、また前記主磁極層の両側端面に付着した付着膜を除去できるため、本発明ではトラック幅方向の幅寸法の制御と高さ寸法の制御とを独立して行うことが可能である。

## 【 0 0 3 7 】

また本発明では、前記（d）工程を除き、前記（e）工程で、メッキ下地層を絶縁層上に形成し、さらに前記メッキ下地層上にレジスト層を形成し、前記レジスト層に前記対向面での絶縁層から前記接続層上にまで延びる抜きパターンを形成してもよい。

## 【 0 0 3 8 】

また本発明では、前記（e）工程に代えて、以下の工程を有するものであってもよい。

（h）前記ヨーク層の周囲を第2の絶縁層で埋め、前記第2の絶縁層の表面を削



り、前記第2の絶縁層の上面と前記ヨーク層の上面とを同一面にする工程と、  
 (i) 前記第2の絶縁層及びヨーク層上にメッキ下地層を形成し、さらに前記メッキ下地層上にレジスト層を形成し、前記レジスト層に前記対向面での前記第2の絶縁層上から前記ヨーク層上にまで延びる抜きパターンを形成する工程。

【0039】

また本発明では、前記(e)工程あるいは(i)工程において、少なくとも前記対向面でのトラック幅方向の内幅寸法が、下面から上面にかけて広がる抜きパターンを前記レジスト層に形成することが好ましい。

【0040】

これによって、前記主磁極層の前端面を下面から上面に向けて徐々にトラック幅方向の幅寸法が広がる形状で形成できる。

【0041】

また本発明では、前記メッキ下地層を非磁性金属材料で形成することが好ましい。非磁性金属材料の場合は前記メッキ下地層に磁性材料を使用する場合に比べてエッチング制御を容易にすることができる。

【0042】

【発明の実施の形態】

図1は本発明の第1実施形態の垂直磁気記録ヘッドを備えた磁気ヘッドの構造を示す縦断面図である。

【0043】

図1に示す垂直磁気記録ヘッドHは記録媒体Mに垂直磁界を与え、記録媒体Mのハード膜M<sub>a</sub>を垂直方向に磁化させるものである。

【0044】

前記記録媒体Mはディスク状であり、その表面に残留磁化の高いハード膜M<sub>a</sub>が、内方に磁気透過率の高いソフト膜M<sub>b</sub>を有しており、ディスクの中心が回転軸中心となって回転させられる。

【0045】

前記垂直磁気記録ヘッドHのスライダ11は $Al_2O_3 \cdot TiC$ などのセラミック材料で形成されており、スライダ11の対向面11aが前記記録媒体Mに対向

し、記録媒体Mが回転すると、表面の空気流によりスライダ11が記録媒体Mの表面から浮上し、またはスライダ11が記録媒体Mに摺動する。図1においてスライダ11に対する記録媒体Mの移動方向は図示Z方向である。垂直磁気記録ヘッドHはスライダ11のトレーリング側端面に設けられる。

## 【0046】

前記スライダ11の側端面11bには、 $Al_2O_3$ または $SiO_2$ などの無機材料による非磁性絶縁層54が形成されて、この非磁性絶縁層の上に読取り部 $H_R$ が形成されている。

## 【0047】

前記読取り部 $H_R$ は、下から下部シールド層52、ギャップ層55、磁気抵抗効果素子53、および上部シールド層51から成る。前記磁気抵抗効果素子53は、異方性磁気抵抗効果（AMR）素子、巨大磁気抵抗効果（GMR）素子、トンネル型磁気抵抗効果（TMR）素子などである。

## 【0048】

前記上部シールド層51の上には、 $Al_2O_3$ または $SiO_2$ などの無機材料による非磁性絶縁層12が形成されて、前記非磁性絶縁層12の上に本発明の記録用の垂直磁気記録ヘッドHが設けられている。そして垂直磁気記録ヘッドHは無機非磁性絶縁材料などで形成された保護層13により被覆されている。そして前記垂直磁気記録ヘッドHの記録媒体との対向面H1aは、前記スライダ11の対向面11aとほぼ同一面である。

## 【0049】

前記垂直磁気記録ヘッドHでは、パーマロイ（Ni-Fe）などの強磁性材料がメッキされて補助磁極層21が形成されている。なお前記上部シールド層52が前記補助磁極層21として兼用されていてもよい。前記非磁性絶縁層12は、前記補助磁極層21の下（補助磁極層21とスライダ11の側端面11bとの間）および前記補助磁極層21の周囲に形成されている。そして図1に示すように、補助磁極層21の表面（上面）21aと前記非磁性絶縁層12の表面（上面）12aとは同一の平面上に位置している。

## 【0050】

図 1 に示すように、前記対向面 H 1 a よりもハイト方向後方（図示 Y 方向）では、前記補助磁極層 2 1 の表面 2 1 a 上に Ni - Fe などの接続層 2 5 が形成されている。

## 【 0 0 5 1 】

前記接続層 2 5 の周囲において、前記補助磁極層 2 1 の表面 2 1 a および前記非磁性絶縁層 1 2 の表面 1 2 a 上に、 $Al_2O_3$  などの絶縁下地層 2 6 が形成されて、この絶縁下地層 2 6 の上に Cu などの導電性材料によりコイル層 2 7 が形成されている。このコイル層 2 7 はフレームメッキ法などで形成されたものであり、前記接続層 2 5 の周囲に所定の巻き数となるように螺旋状にパターン形成されている。コイル層 2 7 の巻き中心側の接続端 2 7 a 上には同じく Cu などの導電性材料で形成された底上げ層 3 1 が形成されている。

## 【 0 0 5 2 】

前記コイル層 2 7 および底上げ層 3 1 は、レジスト材料などの有機材料の絶縁層 3 2 で被覆されており、さらに絶縁層 3 3 で覆われている。

## 【 0 0 5 3 】

前記絶縁層 3 3 は無機絶縁材料で形成されることが好ましく、前記無機絶縁材料としては、 $AlO$ 、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 、 $Ta_2O_5$ 、 $TiO$ 、 $AlN$ 、 $AlSiN$ 、 $TiN$ 、 $SiN$ 、 $Si_3N_4$ 、 $NiO$ 、 $WO$ 、 $WO_3$ 、 $BN$ 、 $CrN$ 、 $SiON$  のうち少なくとも 1 種以上を選択できる。

## 【 0 0 5 4 】

そして前記接続層 2 5 の表面（上面）2 5 a、底上げ層 3 1 の表面（上面）3 1 a、および絶縁層 3 3 の表面（上面）3 3 a は、同一面となるように加工されている。このような平坦化加工は後述の製造方法で説明するように、CMP 技術などを用いて行なわれる。

## 【 0 0 5 5 】

この第 1 実施形態では、前記絶縁層 3 3 の上に、ヨーク層 3 5 が形成されている。図 1 に示すように前記ヨーク層 3 5 の前端面 3 5 a は、前記対向面 H 1 a よりもハイト方向（図示 Y 方向）後方に形成されている。また前記ヨーク層 3 5 の基端部 3 5 c は、前記接続層 2 5 の上面に形成され、前記基端部 3 5 c と接続層

25とが磁氣的に接続された状態になっている。前記ヨーク層35の下の絶縁層33は平坦化面で形成されているので、前記ヨーク層35をパターン精度良く形成することができる。

## 【0056】

またこの実施形態では前記前端面35aは、下面から上面にかけて（図示Z方向）、ハイト方向（図示Y方向）に傾く傾斜面あるいは湾曲面となっている。これによって後述する主磁極層24を対向面側H1aの絶縁層33上から前記ヨーク層35上にかけてメッキ形成しやすく、また前記ヨーク層35から主磁極層24に磁束の流れを緩やかにでき、磁束の通過効率を良好にできる。

## 【0057】

また図1に示すように、前記底上げ層31の表面31aにはリード層36が形成され、リード層36から前記底上げ層31およびコイル層27に記録電流の供給が可能となっている。なお、前記リード層36は、前記ヨーク層35と同じ材料で形成でき、前記ヨーク層35とリード層36を、同時にメッキで形成することが可能である。

## 【0058】

また図1に示すように、前記ヨーク層35よりも前記対向面H1a側に位置する絶縁層33上から前記ヨーク層35上にかけてNiFe等の磁性材料で形成された主磁極層24が形成されている。さらに非磁性層40が、前記主磁極層24上に重ねられて形成されている。そして前記主磁極層24及び非磁性層40の前端面24a、40aは共に前記対向面H1aから現れている。

## 【0059】

なお図1に示す実施形態では、前記主磁極層24及び非磁性層40は、前記対向面H1aからハイト方向にかけてL3の長さ寸法で形成されているが、前記主磁極層24とヨーク層35とが一部で重なり、磁氣的に接続されていれば、前記長さ寸法L3は限定されない。したがって、前記主磁極層24及び非磁性層40は、ハイト方向にさらに長く形成され、例えば前記ヨーク層35の後端面35bと同一位置まで延ばされていても良い。

## 【0060】

なお図 1 に示すように前記非磁性層 4 0 上及びヨーク層 3 5 上が前記保護層 1 3 によって覆われている。

## 【 0 0 6 1 】

図 2 は本発明における別の実施形態を示す垂直磁気記録ヘッドを装備した磁気ヘッドの縦断面図である。

## 【 0 0 6 2 】

図 1 との違いは、特にヨーク層 3 5 の構造にある。図 2 では、前記絶縁層 3 3 の上面 3 3 a に前記ヨーク層 3 5 が形成され、前記ヨーク層 3 5 の基端部 3 5 c は、前記接続層 2 5 の上面 2 5 a に形成され、前記基端部 3 5 c と前記接続層 2 5 とが磁氣的に接続された状態になっている。

## 【 0 0 6 3 】

また図 2 に示すように前記ヨーク層 3 5 の前端面 3 5 a は、前記対向面 H 1 a よりもハイト方向（図示 Y 方向）後方に位置し、前記前端面 3 5 a は前記対向面 H 1 a から現れない。

## 【 0 0 6 4 】

また前記前端面 3 5 a は、上面から下面にかけて（図示 Z 方向とは逆方向）ハイト方向に傾く傾斜面あるいは湾曲面となっている。前記前端面 3 5 a と上面間の外角  $\theta$  は、 $90^\circ$  以上であることが好ましい。これによって後述の主磁極層 2 4 から前記ヨーク層 3 5 に向けて漏れる磁界を少なくでき前記主磁極層 2 4 により磁界を集中させることができる。

## 【 0 0 6 5 】

また図 2 に示すように、前記前端面 3 5 a と前記対向面 H 1 a 間には第 2 の絶縁層 5 7 が埋められている。なお前記第 2 の絶縁層 5 7 は、前記ヨーク層 3 5 のトラック幅方向（図示 X 方向）の両側、および後端側にも形成されている。

## 【 0 0 6 6 】

従って図 2 では、前記ヨーク層 3 5 の前端面 3 5 a よりも前方に位置する前記第 2 の絶縁層 5 7 が前記対向面 H 1 a から現れる。

## 【 0 0 6 7 】

本発明では、前記第 2 の絶縁層 5 7 の上面と前記ヨーク層 3 5 の上面は CMP

技術などを用いて平坦化加工が成されている。

【0068】

また前記第2の絶縁層57は無機絶縁材料で形成されることが好ましく、前記無機絶縁材料としては、 $\text{AlO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{TiO}$ 、 $\text{AlN}$ 、 $\text{AlSiN}$ 、 $\text{TiN}$ 、 $\text{SiN}$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{NiO}$ 、 $\text{WO}$ 、 $\text{WO}_3$ 、 $\text{BN}$ 、 $\text{CrN}$ 、 $\text{SiON}$ のうち少なくとも1種以上を選択できる。

【0069】

そして本発明では前記平坦化された前記第2の絶縁層57上からヨーク層35上にかけて主磁極層24が形成されている。このように前記主磁極層24を平坦化面上に形成できることから、前記主磁極層24をパターン精度良く形成することが可能である。なお前記主磁極層24の前端面24aは前記対向面H1aに現れている。また図2に示す実施形態では前記主磁極層24は、前記ヨーク層35の後端面35b上にまで延ばされて形成されているが、これより短く形成されていてもかまわない。前記ヨーク層35と主磁極層24が一部で重ねられて、磁氣的に接続されていれば良い。

【0070】

また図2に示すように、前記主磁極層24上には非磁性層40が重ねて形成されている。この非磁性層40も前記主磁極層24と同様に前記ヨーク層35の後端面35bにまで延ばされて形成されている。

【0071】

図3は本発明における第3実施形態の垂直磁気記録ヘッドを装備した磁気ヘッドの縦断面図である。

【0072】

図3では、図1及び図2と異なり、平坦化された絶縁層33上に主磁極層24が形成され、この上に非磁性層40が重ねられて形成されている。図1及び図2に示したヨーク層35は、この実施形態では、前記主磁極層24と一体化し、前記主磁極層24の後方領域がヨーク層35として機能している。そして前記ヨーク層35と接続層25とが磁氣的に接続されている。

【0073】

次に本発明における主磁極層 2 4 及び非磁性層 4 0 の前端面 2 4 a, 4 0 a の形状について説明する。図 4 及び図 5 は、本発明の図 1 ないし図 3 の垂直磁気記録ヘッドの部分正面図である。

## 【 0 0 7 4 】

図 4, 5 に示すように、前記絶縁層 3 3 あるいは第 2 の絶縁層 5 7 と主磁極層 2 4 との間にはメッキ下地層 7 1 が形成されている。前記主磁極層 2 4 は前記メッキ下地層 7 1 上からメッキ成長して形成されたものであり、前記主磁極層 2 4 の高さ寸法 H 1 はある所定値に設定されている。

## 【 0 0 7 5 】

図 4, 5 に示すように、前記主磁極層 2 4 の前端面 2 4 a の両側端面 2 4 d, 2 4 d は、下面から上面に向かう（図示 Z 方向）にしたがってトラック幅方向（図示 X 方向）の幅寸法が徐々に広がる形状で形成されている。図 4 のように前記両側端面 2 4 d, 2 4 d は傾斜面、あるいは図 5 に示すような湾曲面で形成されていることが好ましい。

## 【 0 0 7 6 】

さらに図 4, 5 に示すように、前記主磁極層 2 4 上に形成された非磁性層 4 0 の前端面 4 0 a も下面から上面に向かうにしたがってトラック幅方向の幅寸法が徐々に広がる形状で形成されている。また図 4, 5 に示すように前記前端面 4 0 a の両側端面 4 0 d, 4 0 d は、前記主磁極層 2 4 の両側端面 2 4 d, 4 0 d と連続面とされ、よって図 4 では前記非磁性層 4 0 の前端面 4 0 a の両側端面 4 0 d は傾斜面となっており、また図 5 では前記前端面 4 0 a の両側端面 4 0 d は湾曲面となっている。

## 【 0 0 7 7 】

なお図 4, 5 に示すように前記主磁極層 2 4 の上面 2 4 g（トレーリング側の端面）のトラック幅方向の幅寸法でトラック幅 T w が規制される。

## 【 0 0 7 8 】

ところで本発明では、非磁性層 4 0 が前記主磁極層 2 4 の上に重ねられて形成されている点に特徴がある。

## 【 0 0 7 9 】

ここで前記非磁性層 4 0 は前記主磁極層 2 4 の高さ寸法がミリングによって減少しないようにするためのカバー層としての役割を有する。

【 0 0 8 0 】

後述する製造方法で説明するように、本発明では、前記主磁極層 2 4 をメッキ形成するため、その下にメッキ下地層 7 1 を敷かなければならないが、前記メッキ下地層 7 1 は、前記主磁極層 2 4 の下以外にも形成されるため、前記主磁極層 2 4 の下以外に形成された前記メッキ下地層 7 1 を後から除去する工程が必要になる。前記メッキ下地層 7 1 はミリングなどによって除去される。

【 0 0 8 1 】

不必要なメッキ下地層 7 1 を除去するときのミリング時、本発明では、前記主磁極層 2 4 の上に非磁性層 4 0 が形成されているため、前記メッキ下地層 7 1 と共にミリングによって削られるのは前記非磁性層 4 0 の上面であり、前記主磁極層 2 4 の高さ寸法 H 1 が減少することではなく、従って前記高さ寸法 H 1 を一定値に保ったまま、前記メッキ下地層 7 1 の除去を行うことができる。

【 0 0 8 2 】

また前記不必要なメッキ下地層 7 1 を除去すると、そのとき前記主磁極層 2 4 のトラック幅方向（図示 X 方向）における両側端面 2 4 d, 2 4 d には、前記メッキ下地層 7 1 の構成材料が付着するが、この付着膜を除去するために斜め方向からミリングしても、前記付着膜とともに削られるのは非磁性層 4 0 の上面であり、前記主磁極層 2 4 の高さ寸法 H 1 が減少することではなく、前記高さ寸法 H 1 を一定に保ったまま、前記付着膜の除去を行うことができる。

【 0 0 8 3 】

また斜め方向からのミリングによって前記主磁極層 2 4 の両側端面 2 4 d を削ると、前記主磁極層 2 4 の上面 2 4 g（トレーリング側の端面）の幅寸法で規制されるトラック幅 T w が小さくなり、狭トラック化に対応可能な垂直磁気記録ヘッドを製造することができるが、このミリングによって、前記両側端面 2 4 d とともに削られるのは前記非磁性層 4 0 の上面であり、前記主磁極層 2 4 の高さ寸法 H 1 が減少することではなく、前記高さ寸法 H 1 を一定に保ったまま、狭トラック化を図ることができる。



## 【 0 0 8 4 】

このように本発明では、主磁極層 2 4 の高さ寸法を一定値に保ったまま、前記主磁極層 2 4 の両側端面 2 4 d, 2 4 d に付着したメッキ下地層 7 1 の付着膜の除去、および狭トラック化を図ることが可能である。

## 【 0 0 8 5 】

すなわち本発明では、前記主磁極層 2 4 の高さ寸法と、トラック幅方向における幅寸法をそれぞれ独立に制御できるものである。前記主磁極層 2 4 の高さ寸法の制御は、前記主磁極層 2 4 をメッキ成長させたときの高さ寸法で規制でき、またトラック幅方向の幅寸法は、上記のミリング工程で制御することができる。

## 【 0 0 8 6 】

このように本発明では、主磁極層 2 4 の高さ寸法 H 1 及びトラック幅 T w を所定値に設定できるため、前記主磁極層 2 4 の前端面 2 4 a の面積を所定値内に適切に収めることができ、狭トラック化とともにオーバーライト特性等の諸特性を向上させることが可能である。

## 【 0 0 8 7 】

また本発明では、前記非磁性層 4 0 は非磁性金属材料で形成されていることが好ましい。前記非磁性金属材料には、NiP、NiCu、NiMn、NiW、NiB、Pd、Rh、Ru、Au、Cuを選択できる。この中でもNiPを選択することが好ましい。

## 【 0 0 8 8 】

上記非磁性金属材料を選択する理由は、メッキ形成される主磁極層 2 4 上に前記非磁性層 4 0 を連続してメッキ形成でき、製造工程の簡略化を図ることができるからである。

## 【 0 0 8 9 】

また前記非磁性層 4 0 をメッキで形成すると前記非磁性層 4 0 の膜厚を適切に調整しやすい。すなわち上記で述べたように前記非磁性層 4 0 の上面はミリング工程に曝され削られるため、ある程度の膜厚を確保しておく必要があるが、メッキ形成であると前記非磁性層 4 0 の膜厚を所定膜厚で形成しやすい。

## 【 0 0 9 0 】

また前記非磁性層 4 0 は N i P であると、製造上の連続メッキ容易性に加えて、耐熱性に優れ主磁極層 2 4 との密着性も良い。また主磁極層 2 4 との硬さも同等とすることができるので、後述するイオンミリング等による非磁性層 4 0 と主磁極層 2 4 の加工量も同等とすることができ加工性を向上させることができる。

## 【 0 0 9 1 】

ただし本発明では前記非磁性層 4 0 として、 $A l_2 O_3$ などの一般的な非磁性材料を選択しても良い。かかる場合、前記非磁性層 4 0 をスパッタで成膜することになる。

## 【 0 0 9 2 】

また本発明では、図 1 及び図 2 に示す垂直磁気記録ヘッドにおいては、いずれも主磁極層 2 4 とヨーク層 3 5 を別々に形成することができる。よって前記主磁極層 2 4 とヨーク層 3 5 とを異なる磁性材料で形成することが可能である。かかる場合、前記主磁極層 2 4 の飽和磁束密度が、ヨーク層 3 5 の飽和磁束密度よりも高くなるように磁性材料を選択することが好ましい。主磁極層 2 4 をヨーク層 3 5 よりも飽和磁束密度の高い磁性材料で形成しておくこと、幅寸法  $T_w$  と膜厚の小さい主磁極層 2 4 からハード膜  $M_a$  に対して密度の高い磁束  $\phi$  を垂直方向へ与えることが可能となり、オーバーライト特性が向上するようになる。

## 【 0 0 9 3 】

なお前記主磁極層 2 4 及びヨーク層 3 5 には、N i - F e、C o - F e、N i - F e - C o などの磁性材料が選択されるが、主磁極層 2 4 及びヨーク層 3 5 に同じ磁性材料を選択する場合には、組成比を変えることで飽和磁束密度に差を出すことが可能である。

## 【 0 0 9 4 】

また本発明では、図 4 及び図 5 で示したように前記主磁極層 2 4 の前端面 2 4 a は、トラック幅方向の幅寸法が下面から上面にかけて徐々に広がる形状で形成されている。例えば前記前端面 2 4 a の両側端面 2 4 d、2 4 d は傾斜面あるいは湾曲面となっており、前記前端面 2 4 a の形状は略逆台形状である。このように前記主磁極層 2 4 の前端面 2 4 a の両側端面 2 4 d、2 4 d が傾斜面あるいは湾曲面とされ、前記前端面 2 4 a の形状が略逆台形状であると、実際に記録媒体

に記録を行うとき、図 1 1 の破線で示すように記録媒体の移動接線方向（図示 Z 方向）に対してスキュー角を生じたとしても、（i i i）で示す前記端面 2 4 d が記録トラック幅  $T_w 1$  から側方へ斜めに大きくはみ出すことがない。よって前記両側端面 2 4 d によるフリンジングを防止できるようになり、オフトラック性能の向上を図ることができる。

## 【 0 0 9 5 】

一方、図 3 0 は図 2 8 に示す従来の主磁極層 5 の正面図であるが、図 3 0 のように前記主磁極層 5 の端面 5 a が正方形または長方形であると、主磁極層 5 の端面 5 a が、記録媒体の移動接線方向（図示 Z 方向）に対してスキュー角を有すると、破線で示すように主磁極層の側辺 5 b がトラック幅  $T_w 1$  内に斜めの漏れ磁界を与えてフリンジング F が発生し、オフトラック性能の低下を招いてしまう。

## 【 0 0 9 6 】

よって本発明のように前記主磁極層 2 4 の前端面 2 4 a は略逆台形状であることが良い。

## 【 0 0 9 7 】

次に図 4 及び図 5 に示すメッキ下地層 7 1 の材質及び形状について以下に説明する。

## 【 0 0 9 8 】

前記メッキ下地層 7 1 を N i F e などの磁性材料で形成するとき、図 5 に示すように、前記メッキ下地層 7 1 の両側端面 7 1 b が前記主磁極層 2 4 の両側端面 2 4 d と連続面とされ、前記メッキ下地層 7 1 のトラック幅方向への幅寸法が前記主磁極層 2 4 の下面 2 4 i のトラック幅方向への幅寸法以下で形成されていることが好ましい。

## 【 0 0 9 9 】

かかる場合、前記主磁極層 2 4 の前端面 2 4 a が下面から上面にかけてトラック幅方向への幅寸法が広がる形状で形成されていれば、スキュー角を生じたとしてもより適切にフリンジングの発生を防止できる。またスキュー角が生じない場合には、前記主磁極層 2 4 の前端面 2 4 a が図 3 0 に示す正方形あるいは長方形で形成されていても、フリンジングの発生を防止することができる。

## 【0100】

一方図4のように、前記メッキ下地層71のトラック幅方向（図示X方向）における両側端面71bが、前記主磁極層24のトラック幅方向における両側端面24dと連続面で形成されても、ミリング精度により、前記メッキ下地層71の前記両側端面71bの少なくとも一部が前記主磁極層24の下面24iのトラック幅方向の端部24jから、トラック幅方向へはみ出して形成されることがある。

## 【0101】

あるいは図4の点線で示すように、前記メッキ下地層71の両側端面71b全体が、前記主磁極層24の下面24iの端部24jからトラック幅方向へはみ出して形成されることがある。

## 【0102】

上記の場合、本発明では前記主磁極層24の前端面24aが下面から上面にかけてトラック幅方向の幅寸法が広がるように形成されていても、記録時にスキュー角が生じ、前記メッキ下地層71が記録トラック幅Tw1（図11を参照のこと）よりもはみ出しているときは、そのはみ出した部分がフリンジングとなる不具合が発生する。

## 【0103】

図26は、メッキ下地層71が磁性材料を用いて形成され主磁極層24以外の領域にもメッキ下地層71が残存した垂直磁気記録ヘッドの磁気記録特性をマイクロトラックプロファイル法によって測定した結果を示している。

## 【0104】

マイクロトラックプロファイル法とは、記録媒体上に微小トラックである信号を記録しておき、磁気抵抗効果素子などの再生素子を記録トラック上でトラック幅方向に走査させて再生出力を読み取ることにより、記録トラック上のトラック幅方向の記録信号強度分布を測定するものである。

## 【0105】

図26に示されるように、磁性材料を用いて形成されたメッキ下地層71が主磁極層24以外の領域に残存しているとき、スキュー角によって、記録トラック

上には主信号  $S_m$  のピーク以外にサイド信号  $S_s$  のピークが現れる。このサイド信号  $S_s$  は、記録トラック幅  $T_w$  よりもはみ出したメッキ下地層 71 によって書き込まれた、フリンジングである。

## 【0106】

このように、メッキ下地層 71 が磁性材料で形成され、図 4 のように前記メッキ下地層 71 の両側端面 71 b が主磁極層 24 の下面 24 i の端部 24 j からトラック幅方向にはみ出していると、フリンジングは発生しやすくなるが、ただしそのはみ出し量が、記録時にスキュー角が生じても、記録トラック幅  $T_w$  からはみ出さなければ、フリンジングの発生を防止することができる。

## 【0107】

従って、前記メッキ下地層 71 を磁性材料で形成するときは、できる限り前記メッキ下地層 71 のはみ出し量を少なくし、前記はみ出し量が記録時にスキュー角が生じたとき、記録トラック幅  $T_w$  内に収まるように、ミリング精度を適切に制御する必要がある。

## 【0108】

一方、前記メッキ下地層 71 が Cu などの非磁性金属材料で形成される場合、上記のような前記メッキ下地層 71 のはみ出し量を考慮する必要性はない。すなわちメッキ下地層 71 を非磁性金属材料で形成する場合、スキュー角が生じ、記録トラック幅  $T_w$  から前記メッキ下地層 71 がはみ出したとしても、前記メッキ下地層 71 の部分で記録は行なわれないので、前記メッキ下地層 71 のはみ出しによるフリンジングが発生することはない、オフトラック性能の向上を図ることができる。

## 【0109】

図 27 は、メッキ下地層 71 が非磁性材料を用いて形成され主磁極層 24 以外の領域にもメッキ下地層 71 が残存した垂直磁気記録ヘッドの磁気記録特性をマイクロトラックプロファイル法によって測定した結果を示している。

## 【0110】

図 27 に示されるように、非磁性材料を用いて形成されたメッキ下地層 71 が主磁極層 24 以外の領域に残存し、前記メッキ下地層 71 が記録トラック幅  $T_w$

1からはみ出している、記録トラック上には主信号 $S_m$ のピークのみが現れ、サイド信号 $S_s$ 、すなわちフリンジグは検出されない。

## 【0111】

従って前記メッキ下地層71に非磁性金属材料を使用した方がミリング制御を容易にできて好ましい。

## 【0112】

次に前記主磁極層24及びヨーク層35を真上から見た平面形状について以下に説明する。なお以下に説明する平面図は図1及び図2に示す垂直磁気記録ヘッドのいずれにも適用できるものである。

## 【0113】

図6の平面図に示すように、前記ヨーク層35は、対向面 $H1a$ 側である前方領域35dでトラック幅方向の幅寸法 $W_y$ が細くなり、後方領域35eでトラック幅方向の幅寸法が徐々に大きくなる平面形状である。そして、前記前方領域35d上に主磁極層24が重ねられている。なお前記前方領域35dのトラック幅方向（図示X方向）における幅寸法 $W_y$ は、トラック幅 $T_w$ よりも広い幅寸法で形成される。

## 【0114】

図6に示すように前記主磁極層24は前端面24aの上面（トレーリング側の端面）がトラック幅 $T_w$ で規制され、その幅寸法を保ってあるいはやや幅広になってハイト方向後方に向けて短い長さ寸法で形成されている。

## 【0115】

なお本発明では、前記対向面 $H1a$ に露出する前記主磁極層24の前端面24aが、前記補助磁極層21の前端面21bの面積よりも大きいことが必要で、例えば図6に示すように、補助磁極層21のトラック幅方向の幅寸法 $W_r$ は、前記トラック幅 $T_w$ よりも十分に大きい幅寸法で形成されることが好ましい。

## 【0116】

図7では、前記ヨーク層35が前記前方領域35dを有することなく、奥側に至るにしたがって幅寸法 $W_y$ が徐々に広がる形状である。そして前記ヨーク層35上に主磁極層24が重ねられている。

## 【 0 1 1 7 】

図 7 に示すように前記主磁極層 2 4 は前端面 2 4 a の上面（トレーリング側の端面）がトラック幅  $T_w$  で規制され、その幅寸法を保ってあるいはやや幅広になってハイト方向後方に向けて短い長さ寸法で形成されている。

## 【 0 1 1 8 】

図 8 では、前記ヨーク層 3 5 の形状は図 7 と同じであるが、前記主磁極層 2 4 の後方領域 2 4 e が幅寸法が徐々に広がる形状であり、この後方領域 2 4 e とヨーク層 3 5 とが重なり合っている。ただし、前記ヨーク層 3 5 がさらに対向面側 H 1 a に寄って形成され、前記主磁極層 2 4 の幅細形状の前方領域 2 4 f の一部も前記ヨーク層 3 5 と重なり合っているもよい。

## 【 0 1 1 9 】

また前記ヨーク層 3 5 に図 6 に示すような前方領域 3 5 d が形成されていても良い。

## 【 0 1 2 0 】

図 9 では、前記ヨーク層 3 5 の形状は、図 7 及び図 8 と同じであるが、前記主磁極層 2 4 の後方領域 2 4 e が幅寸法が徐々に広がる形状であり、さらにこの後方領域 2 4 e は、ハイト方向（図示 Y 方向）に長く延びて形成されている。前記後方領域 2 4 e の後端は、図 2 のように前記ヨーク層 3 5 の後端面 3 5 b と同一面にまで延ばされていても良い。

## 【 0 1 2 1 】

また前記ヨーク層 3 5 に図 6 に示すような前方領域 3 5 d が形成されていても良い。さらには前記主磁極層 2 4 には、漸次的に幅寸法が広がる後方領域 2 4 e が形成されず、ハイト方向に向けてトラック幅  $T_w$  を保って、あるいはハイト方向に向けて前記トラック幅  $T_w$  よりもやや幅広になった幅細の前方領域 2 4 f がハイト方向に長く延ばされていても良い。

## 【 0 1 2 2 】

上記した図 6 ないし図 9 に示す平面図では、いずれも前記ヨーク層 3 5 にはハイト方向に至るにしたがって幅寸法  $W_y$  が漸次的に広がる領域が形成されており、特に前記ヨーク層 3 5 と主磁極層 2 4 とが重なる位置において、前記ヨーク層

35のトラック幅方向の幅寸法が、前記主磁極層24のトラック幅方向の幅寸法よりも広がっている。

【0123】

また前記ヨーク層35の膜厚は前記主磁極層24の膜厚と同程度か、あるいは図2に示すように前記ヨーク層35の膜厚H6が前記主磁極層24の膜厚H5よりも大きく形成されている。

【0124】

従って前記ヨーク層35と主磁極層24とが重なる位置において、前記ヨーク層35の前記対向面H1aと平行な方向への断面積は、前記主磁極層24の前記対向面H1aと平行な方向への断面積よりも大きくなっている。これにより前記ヨーク層35から前記主磁極層24に適切に記録磁界を導くことができ、磁束の通過効率が良くなって、オーバーライト特性を向上できる。

【0125】

また図1及び図2のように主磁極層24とヨーク層35とを別々に形成し、前記ヨーク層35の上に主磁極層24を重ねる構造である場合、前記主磁極層24の幅細で形成された前方領域24fを長く延ばして形成する方が、前記前方領域24fの全体の幅寸法をほぼトラック幅Twでパターン精度良く形成できて好ましい。さらにかかる場合、前記ヨーク層35ををできる限り対向面H1a側に寄せて形成することで、前記主磁極層24の磁気飽和を抑制でき、前記主磁極層24に磁束を集中させることができる。

【0126】

なお図6ないし図9は一例であり、主磁極層24及びヨーク層35の平面形状がこれら平面形状に限定されるものではない。本発明では、前記主磁極層24とヨーク層35とが重なる位置において、前記ヨーク層35の前記対向面H1aと平行な方向への断面積が、前記主磁極層24の前記対向面H1aと平行な方向への断面積よりも大きくなっていれば、如何なる平面形状で形成されていてもよい。

【0127】

また図10は図3に示す垂直磁気記録ヘッドの平面図であり、前端面24aが



トラック幅で形成され、この幅寸法を保ってあるいはこの幅寸法よりもやや幅広にされた幅細領域が主磁極層 2 4 であり、この主磁極層 2 4 の基端からトラック幅方向（図示 X 方向）における幅寸法が漸次的に広がる領域がヨーク層 3 5 となっている。

## 【 0 1 2 8 】

図 1 ないし図 3 に示す垂直磁気記録ヘッドでは、リード層 3 6 を介してコイル層 2 7 に記録電流が与えられると、コイル層 2 7 を流れる電流の電流磁界によって補助磁極層 2 1 とヨーク層 3 5 に記録磁界が誘導される。図 1 ないし図 3 に示すように、対向面 H 1 a では、前記主磁極層 2 4 の前端面 2 4 a と補助磁極層 2 1 の前端面 2 1 b からの漏れ記録磁界が、記録媒体 M のハード膜 M a を貫通しソフト膜 M b を通過する。前記主磁極層 2 4 の前端面 2 4 a の面積が補助磁極層 2 1 の前端面 2 1 b の面積よりも十分に小さいために、前記主磁極層 2 4 の前端面 2 4 a に洩れ記録磁界の磁束  $\phi$  が集中し、この集中している磁束  $\phi$  により前記ハード膜 M a が垂直方向へ磁化されて、磁気データが記録される。

## 【 0 1 2 9 】

次に本発明の垂直磁気記録ヘッドの製造方法について以下に説明する。図 1 2 から図 2 5 は本発明における垂直磁気記録ヘッドの製造工程を示す工程図である。なお図 1 2 から図 1 4 は図 1 ないし図 3 に示す垂直磁気記録ヘッドの共通の製造工程を示している。

## 【 0 1 3 0 】

図 1 2 に示す工程では、非磁性絶縁層 1 2 上に磁性材料製の補助磁極層 2 1 を形成した後、前記補助磁極層 2 1 のハイト方向後方も前記非磁性絶縁層 1 2 で埋め、さらに前記補助磁極層 2 1 および非磁性絶縁層 1 2 の上面を CMP 技術などを用いて平坦化加工する。

## 【 0 1 3 1 】

次に前記補助磁極層 2 1 のハイト方向後方に、磁性材料製の接続層 2 5 をメッキ形成し、さらに前記補助磁極層 2 1 上面から接続層 2 5 の上面にかけて無機絶縁材料をスパッタして絶縁下地層 2 6 を形成する。

## 【 0 1 3 2 】

次に図 1 3 に示すように前記絶縁下地層 2 6 の上にフレームメッキ法によりコイル層 2 7 を形成し、さらに底上げ層 3 1 を同じくメッキにより形成する。このときコイル層 2 7 は、前記接続層 2 5 の高さよりも十分に低い位置に形成する。そして前記コイル層 2 7 と底上げ層 3 1 を有機材料の絶縁層 3 2 で覆い、さらに、無機絶縁材料をスパッタして、全ての層を覆う絶縁層 3 3 を形成する。

## 【 0 1 3 3 】

次に、図 1 3 の状態に成膜された各層に対して、図示上方から CMP 技術などを用いて研磨加工を行なう。この研磨加工は、前記絶縁層 3 3、接続層 2 5 および底上げ層 3 1 の全てを横断する水平面（L-L 面）の位置まで行なう。

## 【 0 1 3 4 】

前記研磨加工の結果、図 1 4 に示すように、接続層 2 5 の表面 2 5 a、絶縁層 3 3 の表面 3 3 a および底上げ層 3 1 の表面 3 1 a が全て同一面となるように加工される。

## 【 0 1 3 5 】

ここまでの各実施形態において共通する製造工程である。次に図 1 に示す構造の垂直磁気記録ヘッドの製造方法について説明する。

## 【 0 1 3 6 】

図 1 5 は平面図でありこの工程では、前記絶縁層 3 3 の上にレジスト層 7 3 を形成する。さらに前記レジスト層 7 3 にヨーク層 3 5 の平面形状となる抜きパターン 7 3 a を露光現像により形成する。前記抜きパターン 7 3 a は、ヨーク層 3 5 が形成される領域のヨークパターン 7 3 c と、その後方に位置するコモンパターン 7 3 d とで構成される。前記抜きパターン 7 3 a は、その前端面 7 3 b が前記対向面 H 1 a よりもハイト方向（図示 Y 方向）後方に位置し、また前記抜きパターン 7 3 a のヨークパターン 7 3 c は前記接続層 2 5 にまで延びて形成されている。

## 【 0 1 3 7 】

そして、前記抜きパターン 7 3 a 内にメッキ下地層 7 2 をスパッタ成膜し、前記レジスト層 7 3 を除去する。

## 【 0 1 3 8 】

図 1 6 に示す工程では前記コモンパターン 7 3 d 上にレジスト層 7 4 を形成し、前記レジスト層 7 4 に覆われていない前記ヨークパターン 7 3 c 上に形成されたメッキ下地層 7 2 上にヨーク層 3 5 をメッキ成長させる。そして前記レジスト層 7 4 を除去、さらにコモンパターン 7 3 d 上のメッキ下地層 7 2 を除去すると、この時点での垂直磁気記録ヘッドの縦断面図は図 1 7 のようになる。

## 【 0 1 3 9 】

図 1 7 に示すように、前記メッキ下地層 7 2 上にメッキ形成されたヨーク層 3 5 は、その前端面 3 5 a がだれて、下面から上面にかけてハイト方向（図示 Y 方向）に傾く傾斜面あるいは湾曲面で形成される。このように前記前端面 3 5 a にだれが生じるのは、前記ヨークパターン 7 3 c よりも前方が前記レジスト層 7 4 によって覆われておらず開放されているからである。

## 【 0 1 4 0 】

そして前記前端面 3 5 a が下面から上面にかけてハイト方向に傾く傾斜面あるいは湾曲面で形成されることで、後工程で形成される主磁極層 2 4 をメッキ形成しやすくと共に、前記ヨーク層 3 5 から主磁極層 2 4 への磁束の流れを良好にでき、磁束の通過効率が向上させることができる。

## 【 0 1 4 1 】

また図 1 7 には示されていないが、前記底上げ層 3 1 の上面 3 1 a にも図 1 5 及び図 1 6 に示す工程と同じ工程時にリード層 3 6 をメッキ形成することが好ましい。

## 【 0 1 4 2 】

次に図 1 8 は平面図であり、この工程では、前記ヨーク層 3 5 及びその周囲に広がる絶縁層 3 3 上にメッキ下地層 7 1 をスパッタ成膜し、その上にレジスト層 7 5 を形成し、前記レジスト層 7 5 に主磁極層 2 4 の形成のための抜きパターン 7 5 a を露光現像により形成する。

## 【 0 1 4 3 】

図 1 8 に示すように前記抜きパターン 7 5 a の前端面 7 5 b は前記対向面 H 1 a と同一面上に形成され、さらに前記抜きパターン 7 5 a は、前記ヨーク層 3 5 上にまで延びて形成されている。またこの工程では前記抜きパターン 7 5 a は、

その後端面 7 5 d が一点鎖線で示すようにさらにハイト方向（図示 Y 方向）後方に延びて形成されていてもかまわない。

## 【 0 1 4 4 】

本発明における前記レジスト層 7 5 は、前記対向面 H 1 a 側から見ると図 1 9 に示す形状となっている。

## 【 0 1 4 5 】

図 1 9 に示すように、前記レジスト層 7 5 に形成された抜きパターン 7 5 a の内側側面 7 5 e、7 5 e は、下面から上面にかけて（図示 Z 方向）、トラック幅方向（図示 X 方向）の幅寸法が徐々に広がって形成されている。前記内側側面 7 5 e は、図 1 9 に示すように湾曲面で形成されていてもよいし、傾斜面で形成されていてもよい。

## 【 0 1 4 6 】

このような形状の抜きパターン 7 5 a を前記レジスト層 7 5 に形成するには、前記レジスト層 7 5 を塗布した後、露光現像で前記抜きパターン 7 5 a を形成し、さらに熱処理によって前記抜きパターン 7 5 a の内側側面 7 5 e をだれさせることで、前記内側側面 7 5 e を傾斜面あるいは湾曲面に形成できる。

## 【 0 1 4 7 】

次に図 2 0 に示すように、前記抜きパターン 7 5 a 内に露出した前記メッキ下地層 7 1 上に主磁極層 2 4 をメッキ成長させる。このとき前記主磁極層 2 4 をある所定の膜厚 H 1 までメッキ成長させる。

## 【 0 1 4 8 】

さらに本発明では前記主磁極層 2 4 上に N i P 等の非磁性金属材料からなる非磁性層 4 0 をメッキ成長させる。そして前記レジスト層 7 5 を除去する。

## 【 0 1 4 9 】

なお、非磁性層 4 0 は N i P 合金であって元素 P の濃度は 8 質量%以上で 1 5 質量%以下であることが好ましい。これにより例えば発熱等の外的要因に対しても安定して非磁性であることが可能である。また、N i P 合金等の非磁性層 4 0 の合金組成の測定は、S E M や T E M 等の組合わされた X 線分析装置や波形分散形線分析装置等で特定可能である。

## 【 0 1 5 0 】

図 2 1 は、前記レジスト層 7 5 を除去した状態を示す図である。図 2 1 に示すように、前記メッキ下地層 7 1 の上には、トラック幅方向の幅寸法が下面から上面にかけて徐々に広がるように両側端面が傾斜面あるいは湾曲面とされた主磁極層 2 4 及び非磁性層 4 0 が積層されている。

## 【 0 1 5 1 】

図 2 1 に示すように、前記主磁極層 2 4 の下のみならず他の領域にも前記メッキ下地層 7 1 が形成されているため、前記メッキ下地層 7 1 を除去しなければならない。

## 【 0 1 5 2 】

図 2 1 に示す工程では、異方性のイオンミリングによって、前記主磁極層 2 4 の下以外に形成された前記メッキ下地層 7 1 を除去する。このとき前記非磁性層 4 0 の上面 4 0 e も前記イオンミリングの影響を受けて削られていく。

## 【 0 1 5 3 】

また図 2 2 に示すように、除去された前記メッキ下地層 7 1 a の一部は、前記主磁極層 2 4 及び非磁性層 4 0 の両側端面 2 4 d, 4 0 d に再付着するため（矢印方向 C）、前記両側端面に付着した付着膜 7 6, 7 6 を異方性のイオンミリングで除去する（図 2 2 に示す点線領域）。このときも前記非磁性層 4 0 の上面 4 0 e は前記イオンミリングの影響を受けて削られていく。

## 【 0 1 5 4 】

上記のように本発明では主磁極層 2 4 の上に非磁性層 4 0 が形成されているため、イオンミリングでメッキ下地層 7 1 及びその付着膜 7 6 を除去するときに、前記非磁性層 4 0 の上面 4 0 e が削れるだけで前記主磁極層 2 4 の高さ寸法 H 1 は減少しない。

## 【 0 1 5 5 】

また図 2 2 の一点鎖線で示すように、前記主磁極層 2 4 の両側端面 2 4 d, 及び非磁性層 4 0 の両側端面 4 0 d を異方性のイオンミリングでさらに削って、前記主磁極層 2 4 の上面 2 4 g（トレーリング側の端面）の幅寸法で決まるトラック幅 T w を小さくする場合でも、イオミリングで非磁性層 4 0 の上面 4 0 e は削

られるものの、前記主磁極層 2 4 の高さ寸法 H 1 は減少しない。

【0 1 5 6】

したがって本発明の製造方法によれば、主磁極層 2 4 の高さ寸法 H 1 を減少させることはなく一定値に保った状態で、メッキ下地層 7 1 a、付着膜 7 6 の除去や狭トラック化を実現することが可能である。

【0 1 5 7】

なお本発明では前記イオンミリングは、メッキ下地層 7 1 に対して垂直方向から 4 5° から 7 0° 前後傾いた角度で行なわれることが好ましい。

【0 1 5 8】

また 4 5° から 6 0° の範囲内とするとメッキ下地層 7 1 a、付着膜 7 6 の除去、さらには狭トラック化を1回のイオンミリング工程で行うことが可能であり、製造工程を簡略化できる。

【0 1 5 9】

また前記主磁極層 2 4 の両側側面 2 4 d のみをミリングで削りたい場合には、ミリング角度をメッキ下地層 7 1 に対して垂直方向から 6 0° 以上で 7 0° 以下に傾けて行う。

【0 1 6 0】

なお本発明では、前記主磁極層 2 4 の高さ寸法 H 1 は 0. 2 5  $\mu$  m 以上で 0. 5  $\mu$  m 以下程度であることが好ましい。本発明では、この高さ寸法 H 1 を図 2 0 に示す主磁極層 2 4 のメッキ成長工程で調整できる。

【0 1 6 1】

また本発明では、前記主磁極層 2 4 のトラック幅 T w は 0. 7  $\mu$  m 以下であることが好ましく、より好ましくは 0. 5  $\mu$  m 以下である。なお図 2 0 に示すレジスト層 7 5 に形成された抜きパターン 7 5 a の内幅寸法を所定のトラック幅 T w 程度に狭くできれば、前記主磁極層 2 4 のメッキ成長工程で前記トラック幅 T w を決定することが可能であるが、そうではない場合には図 2 2 に示すようにイオンミリング工程で主磁極層 2 4 の両側端面 2 4 d を削って、所定のトラック幅 T w に調整する。なお主磁極層 2 4 をレジスト層 7 5 の抜きパターン 7 5 a 内にメッキ成長させる工程でトラック幅 T w を決定できたとしても、図 2 2 に示すよう

に、メッキ下地層 7 1 a の除去、および両側端面 2 4 d に付着した付着膜 7 6 の除去のためのミリング工程が必要であることは言うまでもない。

## 【 0 1 6 2 】

このように本発明では、前記主磁極層 2 4 の高さ寸法 H 1 の調整とトラック幅 T w の調整を独立して行うことが可能であり、所定の高さ寸法 H 1 及びトラック幅 T w に容易に調整することができる。

## 【 0 1 6 3 】

また本発明では前記メッキ下地層 7 1 は、磁性メッキ材料であってもよいし、非磁性メッキ材料であってもよい。前記メッキ下地層 7 1 に非磁性の例えば Cu などの非磁性金属材料を用いた場合、前記メッキ下地層 7 1 が前記主磁極層 2 4 下の周囲に若干延出し、前記メッキ下地層 7 1 が記録時にスキュー角が生じたときに、記録媒体に記録した記録トラック幅 T w 1 からはみ出しているにもかかわらず、前記メッキ下地層 7 1 に磁性メッキ材料を用いる場合に比べてエッチング制御を容易にすることができる。

## 【 0 1 6 4 】

なお前記メッキ下地層 7 1 が非磁性メッキ材料である場合、前記主磁極層 2 4 の両側端面 2 4 d に付着した付着膜 7 6 を除去しなくても良い。前記付着膜 7 6 が付いたままでもトラック幅 T w の大きさはかわらないからである。ただしかかる場合でも前記主磁極層 2 4 の両側端面 2 4 d を削ることで狭トラック化に対応可能な垂直磁気記録ヘッドを製造することが可能である。

## 【 0 1 6 5 】

図 2 3 ないし図 2 5 は、図 2 に示す垂直磁気記録ヘッドの製造方法を示す工程図である。

## 【 0 1 6 6 】

図 2 3 に示す工程では、前記絶縁層 3 3 の上面 3 3 a、接続層 2 5 の上面 2 5 a、および底上げ層 3 1 の上面 3 1 a の全体にレジスト層 6 4 を形成し、露光現像により、ヨーク層 3 5 の抜きパターン 6 4 a を形成する。

## 【 0 1 6 7 】

図 2 3 に示すように前記抜きパターン 6 4 a の前端面 6 4 b を前記対向面 H 1

a よりもハイト方向奥側に形成する。また前記前端面 6 4 b と前記対向面 H 1 a 間に残されたレジスト層 6 4 の後端面 6 4 c は、下面から上面にかけて前記対向面 H 1 a 側に傾く傾斜面となっているが、この傾斜面は前記レジスト層 6 4 に熱処理を施し、だれを発生させることにより形成することが可能である。また前記抜きパターン 6 4 a を前記接続層 2 5 上にまで形成する。

## 【 0 1 6 8 】

そして前記抜きパターン 6 4 a 内にヨーク層 3 5 をメッキ形成し、その後前記レジスト層 6 4 を除去する。これによって前端面 3 5 a が前記対向面 H 1 a よりもハイト方向奥側に位置する前記ヨーク層 3 5 を形成することができる。また前記前端面 3 5 a は下面から上面にかけてハイト方向後方に傾く傾斜面あるいは湾曲面であることが好ましい。また前記前端面 3 5 a と上面間の外角  $\theta$  は  $90^\circ$  以上であることが好ましい。また前記ヨーク層 3 5 は前記接続層 2 5 上に磁氣的に接続された状態になっている。

## 【 0 1 6 9 】

なお前記レジスト層 6 4 を除去した後、前記ヨーク層 3 5 の下以外の部分に形成されたメッキ下地層（図示しない）をエッチングで除去する。

## 【 0 1 7 0 】

次に図 2 4 に示す工程では、前記ヨーク層 3 5 上及び絶縁層 3 3 上に、無機絶縁材料による第 2 の絶縁層 5 7 を形成する。さらに図 2 4 に示す M-M 線から前記第 2 の絶縁層 5 7 を CMP 技術により研磨加工し、これにより前記第 2 の絶縁層 5 7 の上面とヨーク層 3 5 の上面とを同一平坦化面にできる。

## 【 0 1 7 1 】

次に図 2 5 に示す工程では、図 1 8 ないし図 2 0 と同様の方法により主磁極層 2 4 及び非磁性層 4 0 をメッキ形成する。図 2 5 に示すように、前記第 2 の絶縁層 5 7 の上、および前記ヨーク層 3 5 の上にレジスト層 7 5 を形成し、前記レジスト層 7 5 に主磁極層 2 4 の抜きパターン 7 5 a を形成する。前記レジスト層 7 5 下の第 2 の絶縁層 5 7 及びヨーク層 3 5 上面が平坦化されているので、前記抜きパターン 7 5 a を高精度に形成することができる。

## 【 0 1 7 2 】



図 2 5 に示すように、前記レジスト層 7 5 の膜厚を、図 2 3 工程でのレジスト層 6 4 の膜厚よりも小さくし、しかも前記レジスト層 7 5 の抜きパターン 7 5 a の前端面 7 5 b を、対向面 H 1 a と同一面となるように形成する。前記抜きパターン 7 5 a の後端面 7 5 d に関しては、図 2 5 のように、ヨーク層 3 5 の後端面と同一面上にまで形成すれば、主磁極層 2 4 の形状を図 2 のように形成できるが、前記抜きパターン 7 5 の後端面 7 5 d を対向面 H 1 a 側に短く形成してもよい。

## 【 0 1 7 3 】

そして前記抜きパターン 7 5 a 内に主磁極層 2 4 をメッキ形成し、さらにその上に非磁性層 4 0 をメッキ形成し、その後前記レジスト層 7 5 を除去する。これにより、前端面 2 4 a が対向面 H 1 a に現れ、膜厚がヨーク層 3 5 よりも薄い主磁極層 2 4 を前記ヨーク層 3 5 の上に重ねて形成することができる。

## 【 0 1 7 4 】

次に図 2 1 及び図 2 2 と同様に、イオンミリングを用いてメッキ下地層 7 1 a を除去し、付着膜 7 6 を除去し、さらに主磁極層 2 4 の両側端面 2 4 d, 2 4 d を削って狭トラック化を図る。

## 【 0 1 7 5 】

なお図 3 に示す垂直磁気記録ヘッドの製造は、図 1 4 に示す工程後、図 1 3 以降の工程を施すことで行うことができる。

## 【 0 1 7 6 】

なお本発明では、図 1 9 に示すレジスト層 7 5 は、前記対向面 H 1 a でのトラック幅方向（図示 X 方向）の内幅寸法が、下面から上面にかけて広がるように形成されていなくても良く、前記主磁極層 2 4 の前端面 2 4 a が従来と同様に正方形や長方形等の形状で形成されていても本発明の効果をj得ることが可能である。

## 【 0 1 7 7 】

また図 1 及び図 2 に示す実施形態では、読取り部  $H_R$  が形成されているが、これが形成されていなくても良い。

## 【 0 1 7 8 】

## 【発明の効果】

以上のように本発明では、主磁極層の上に非磁性層が重ねて形成されている。そして前記非磁性層は、ミリングの際に前記主磁極層を保護すべきカバー層の役割を有するため、前記主磁極層の高さ寸法を一定値に保ちながら、製造工程の際に前記主磁極層の両側端面に付着したメッキ下地層の付着膜を適切に除去でき、また前記主磁極層のトラック幅  $T_w$  を小さくすることができ、トラック幅方向の幅寸法の制御と高さ寸法の制御とを独立して行うことが可能である。

【0179】

従って本発明では、前記主磁極層の前端面を所定のトラック幅  $T_w$  及び高さ寸法で形成でき、よって前記前端面の面積を所定値内に収めやすく、オーバーライト特性等の諸特性を向上させることが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明における第1実施形態の垂直磁気記録ヘッドを備えた磁気ヘッドの縦断面図、

【図2】

本発明における第2実施形態の垂直磁気記録ヘッドを備えた磁気ヘッドの縦断面図、

【図3】

本発明における第3実施形態の垂直磁気記録ヘッドを備えた磁気ヘッドの縦断面図、

【図4】

本発明における垂直磁気記録ヘッドの部分正面図、

【図5】

本発明における垂直磁気記録ヘッドの別の部分正面図、

【図6】

図1あるいは図2の垂直磁気記録ヘッドの平面図、

【図7】

図1あるいは図2の垂直磁気記録ヘッドの別の平面図、

【図8】

図 1 あるいは図 2 の垂直磁気記録ヘッドの別の平面図、

【図 9】

図 1 あるいは図 2 の垂直磁気記録ヘッドの別の平面図、

【図 1 0】

図 3 の垂直磁気記録ヘッドの平面図、

【図 1 1】

本発明における磁気ヘッドにスキュー角が発生した状態を示す説明図、

【図 1 2】

本発明における垂直磁気記録ヘッドの製造方法を示す一工程図、

【図 1 3】

図 1 2 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 1 4】

図 1 3 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 1 5】

図 1 4 に示す工程の次に行なわれ、図 1 に示す垂直磁気記録ヘッドの製造方法を示す一工程図、

【図 1 6】

図 1 5 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 1 7】

図 1 6 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 1 8】

図 1 7 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 1 9】

図 1 8 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 2 0】

図 1 9 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 2 1】

図 2 0 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 2 2】

図 2 1 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 2 3】

図 1 4 に示す工程の次に行なわれ、図 2 に示す垂直磁気記録ヘッドの製造方法を  
示す一工程図、

【図 2 4】

図 2 3 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 2 5】

図 2 4 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 2 6】

主磁極層以外の領域に磁性材料からなるメッキ下地層が残存した垂直磁気記録ヘ  
ッドの磁気記録特性を示すグラフ、

【図 2 7】

主磁極層以外の領域に非磁性金属材料からなるメッキ下地層が残存した垂直磁気  
記録ヘッドの磁気記録特性を示すグラフ、

【図 2 8】

従来の垂直磁気記録ヘッドの構造を示す縦断面図、

【図 2 9】

図 2 8 の一製造工程を示す正面図、

【図 3 0】

従来における磁気ヘッドにスキュー角が発生した状態を示す説明図、

【符号の説明】

H 垂直磁気記録ヘッド

H 1 a 対向面

M 記録媒体

M a ハード膜

M b ソフト膜

1 1 スライダ

2 1 補助磁極層

2 4 主磁極層

2 5 接続層

2 7 コイル層

3 3 絶縁層

3 5 ヨーク層

4 0 非磁性層

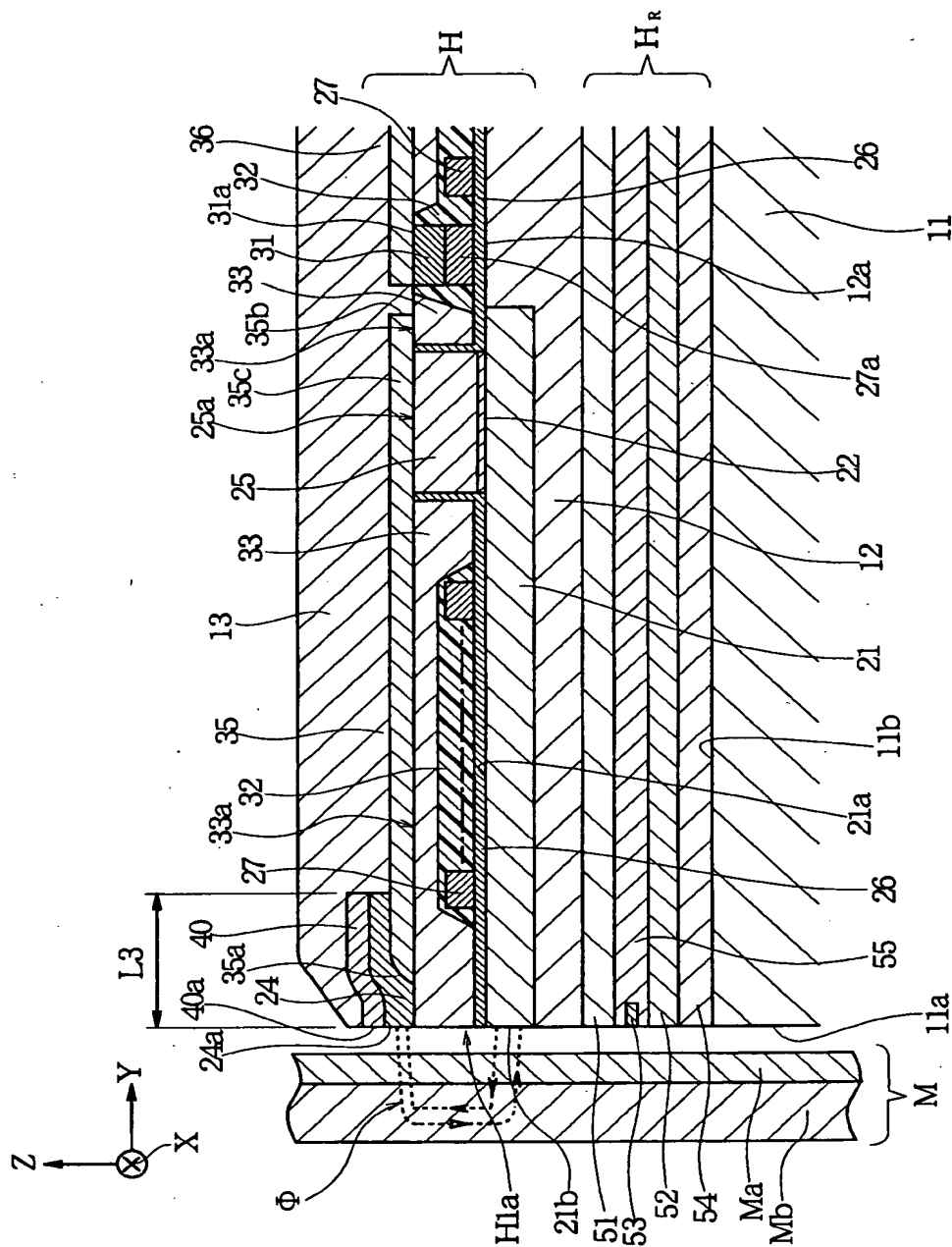
6 4、7 3、7 4、7 5 レジスト層

7 1、7 2 メッキ下地層

【書類名】

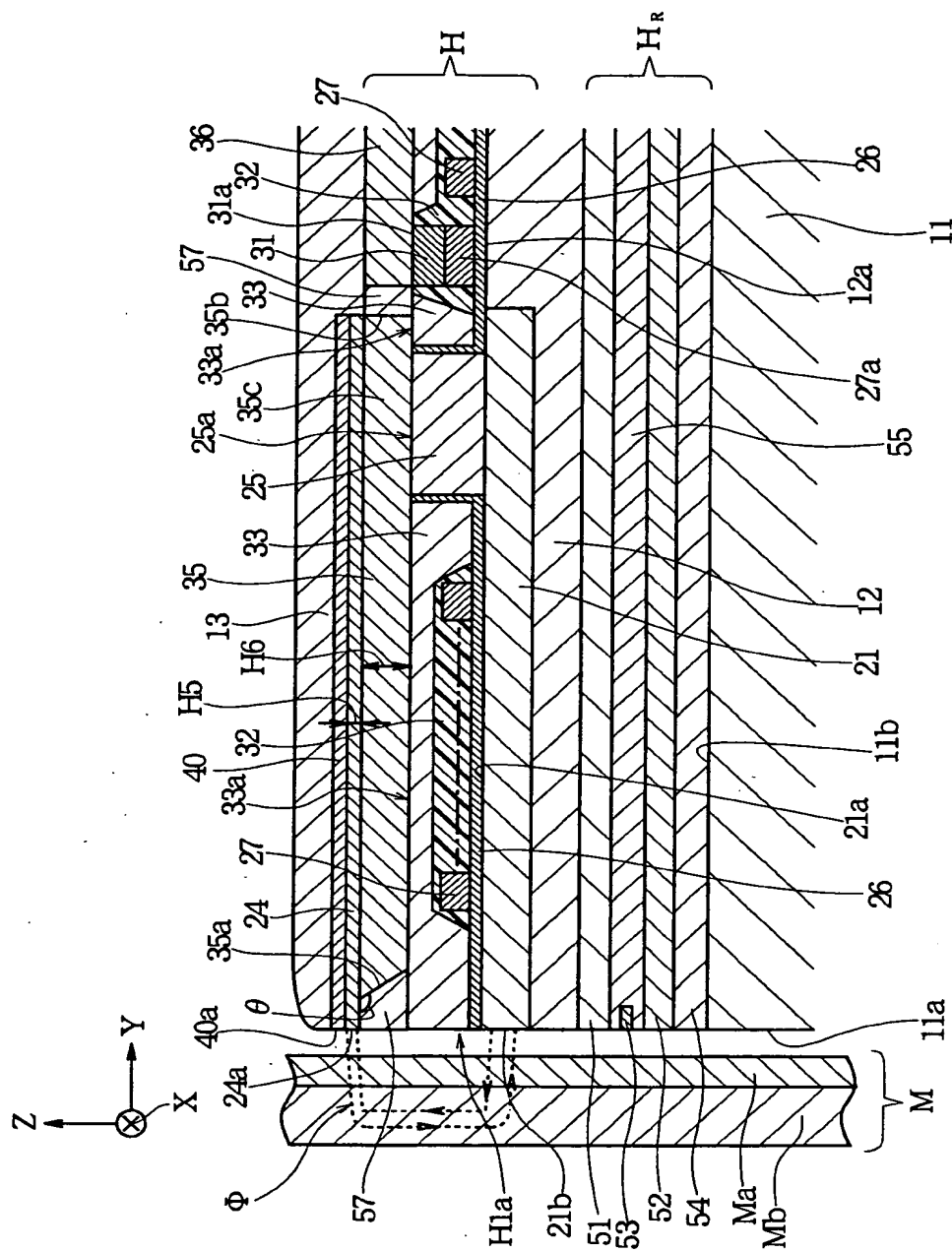
図面

【図 1】



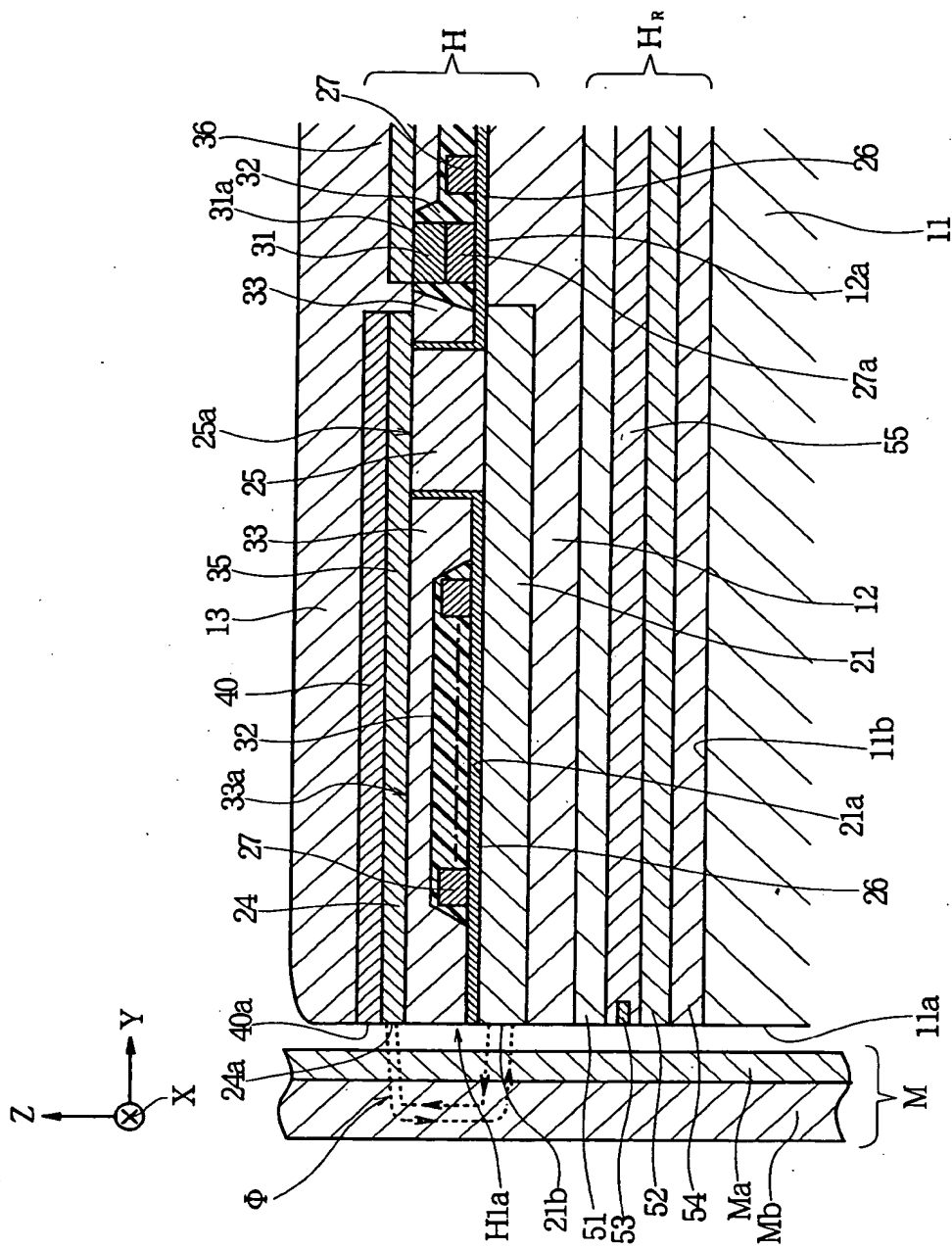
【図 2】

図 2



【図 3】

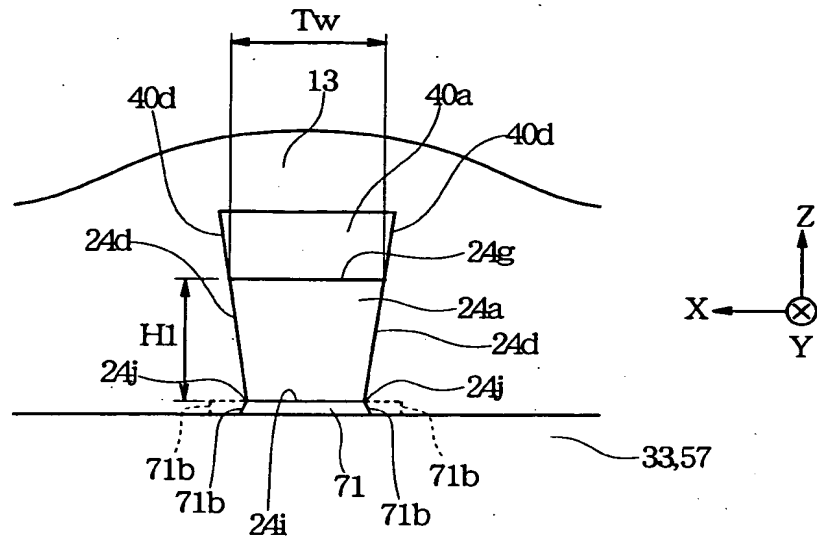
3  
✕





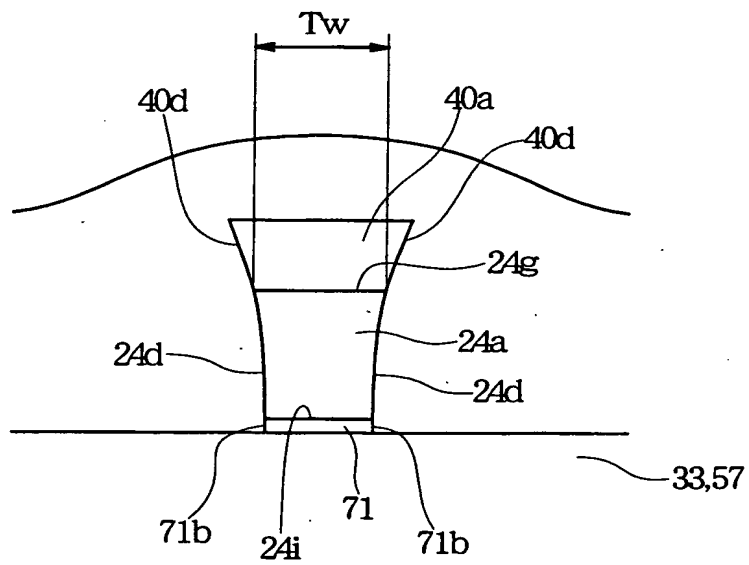
【図 4】

図 4



【図 5】

図 5



【図 6】

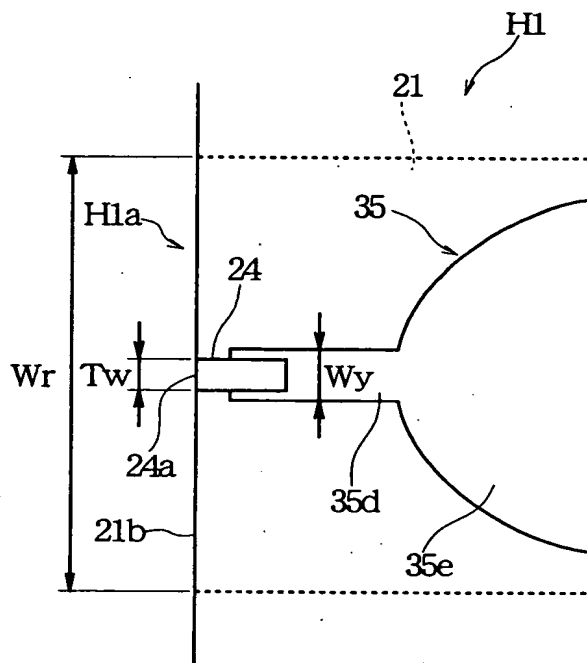


図 6

【図 7】

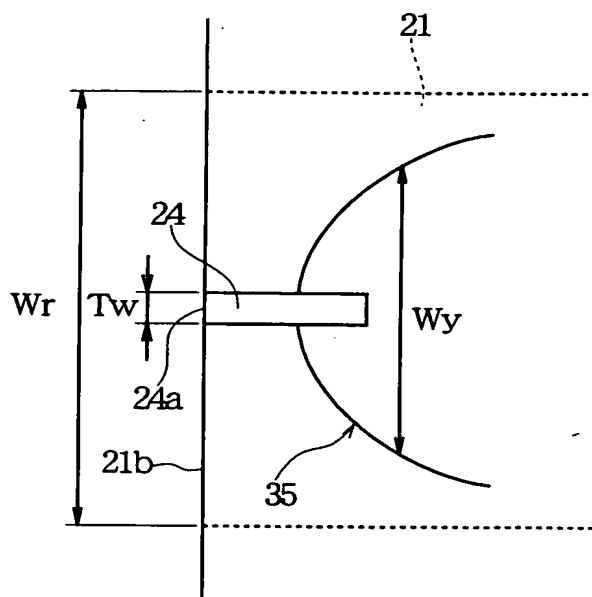
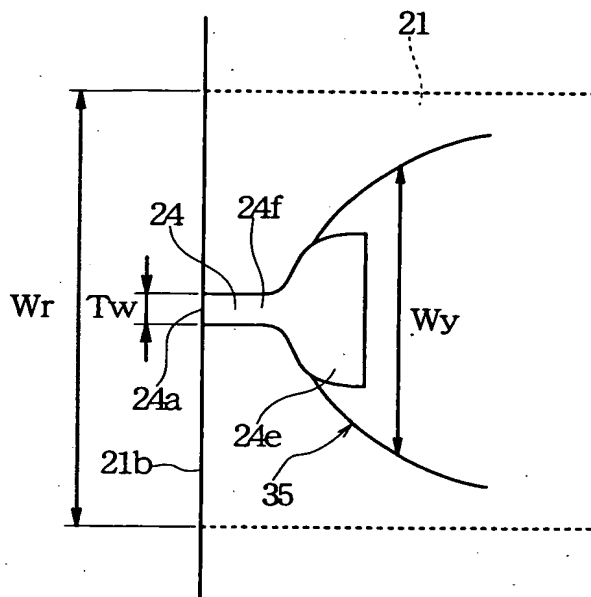


図 7

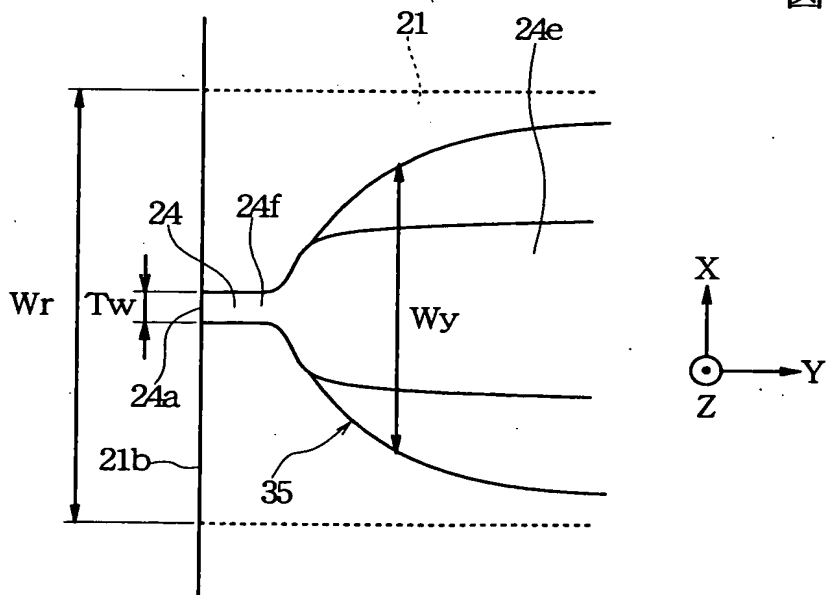
【図 8】

図 8



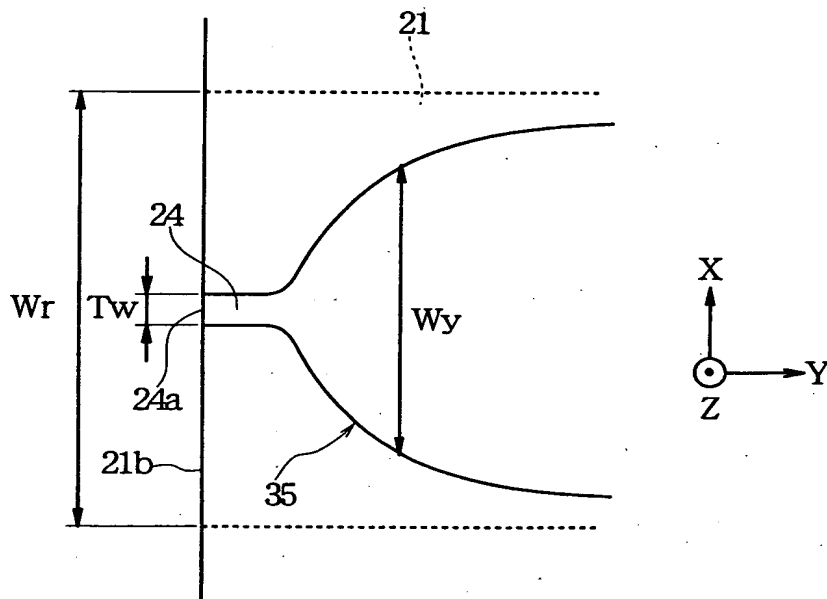
【図 9】

図 9



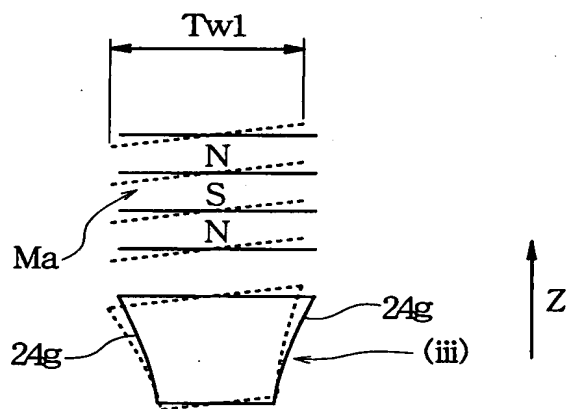
【図 1 0】

図 10

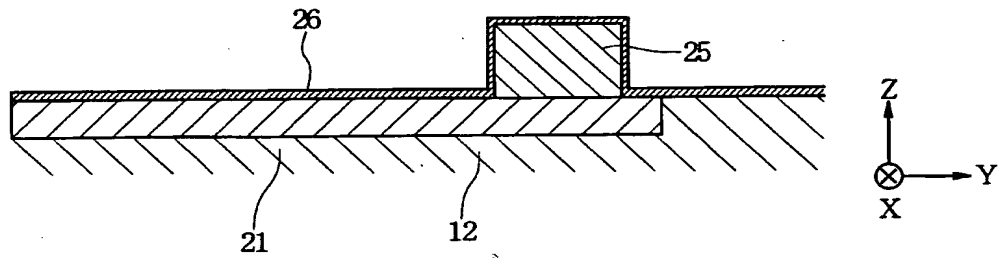


【図 1 1】

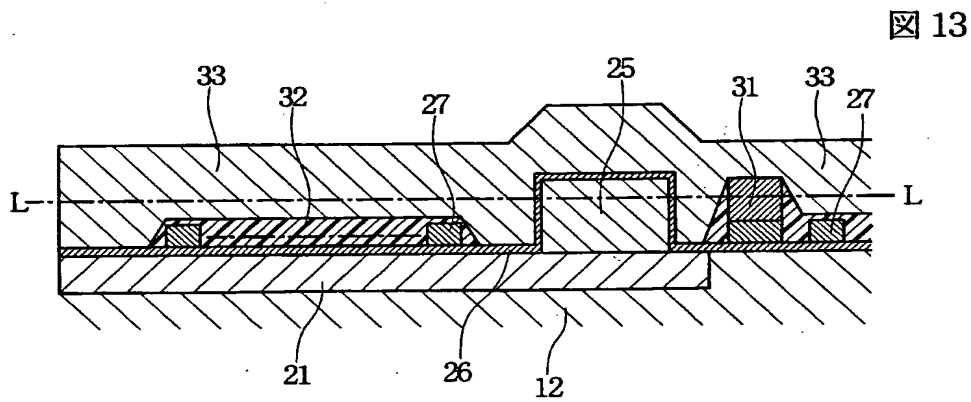
図 11



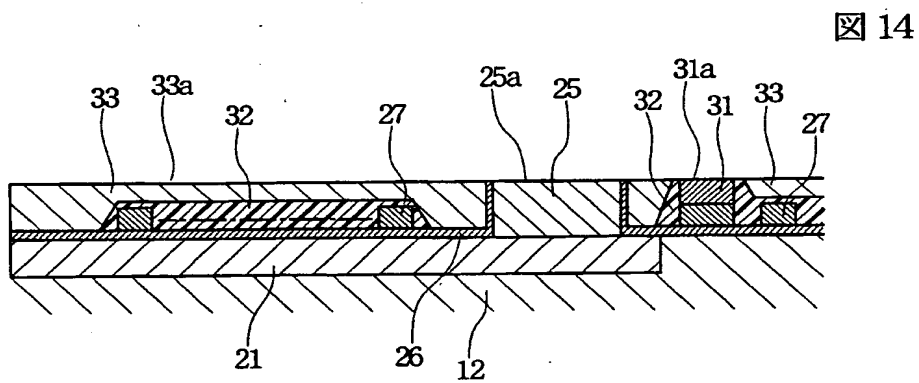
【図 12】



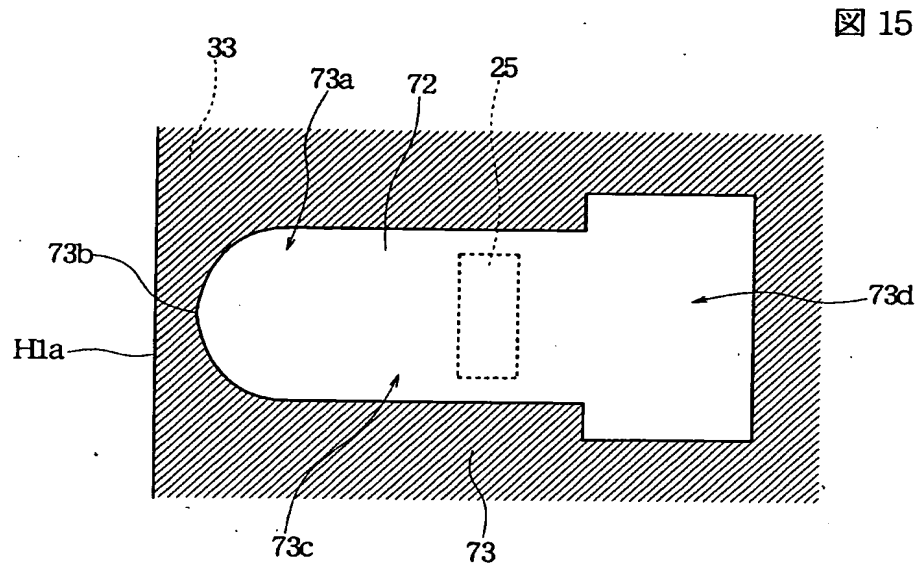
【図 13】



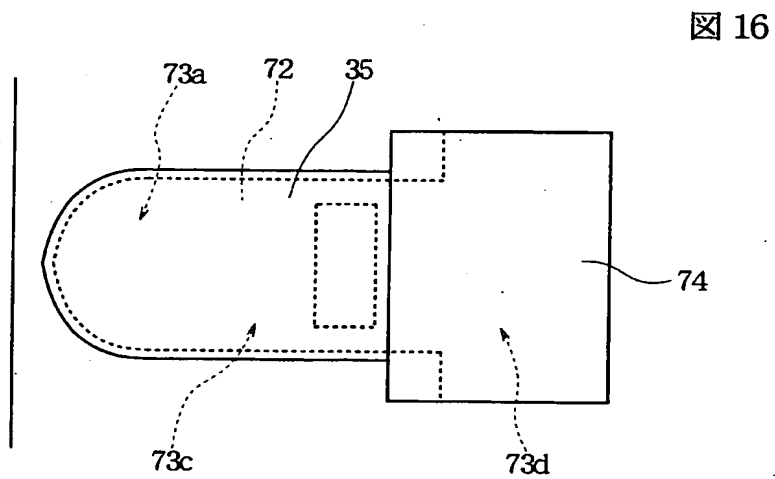
【図 14】



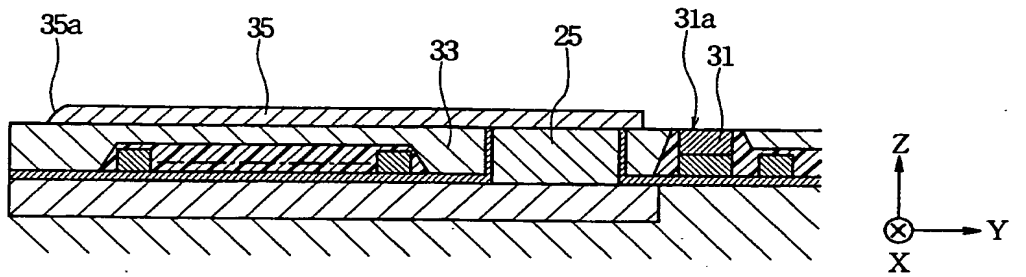
【図 1 5】



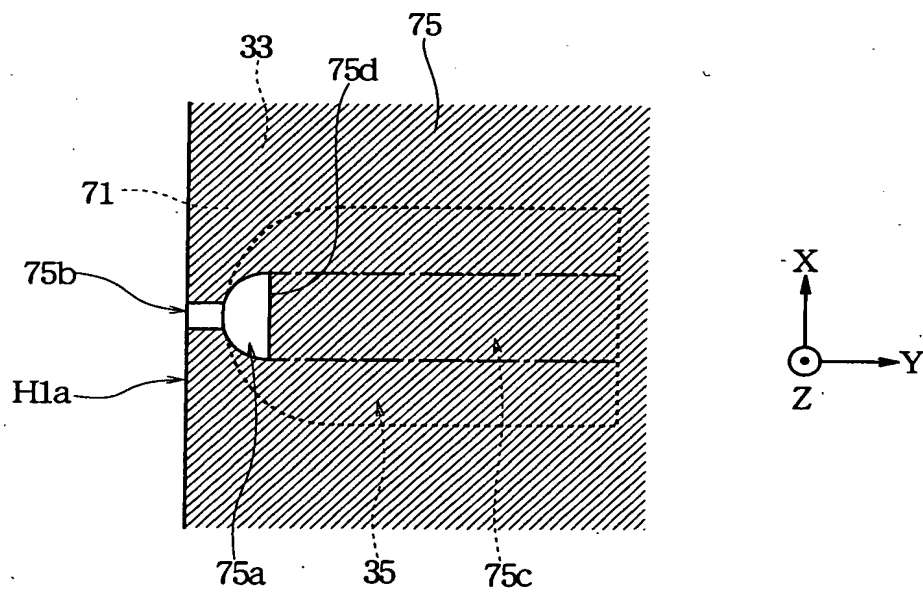
【図 1 6】



【図 1 7】

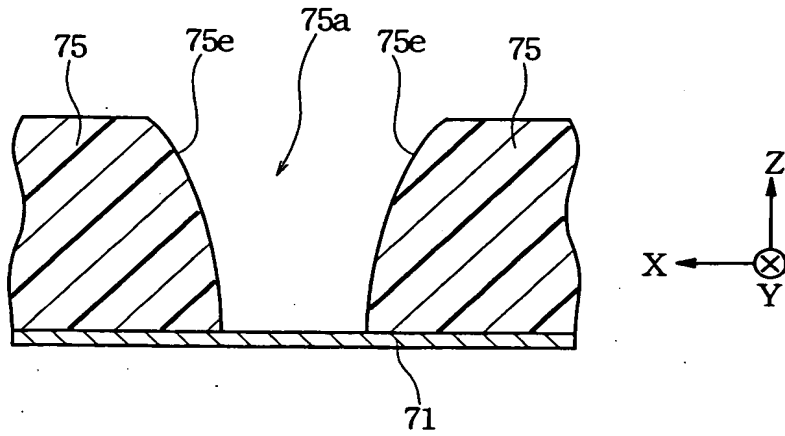


【図 1 8】



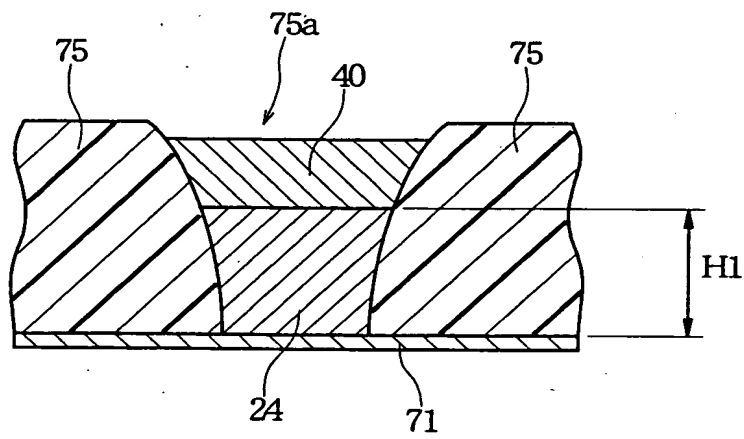
【図 1 9】

図 19



【図 2 0】

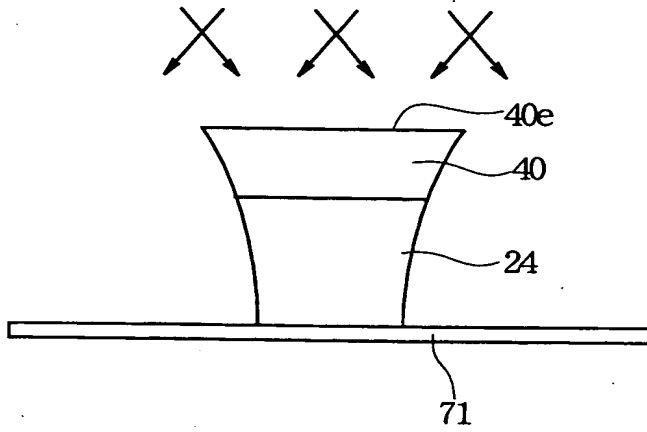
図 20





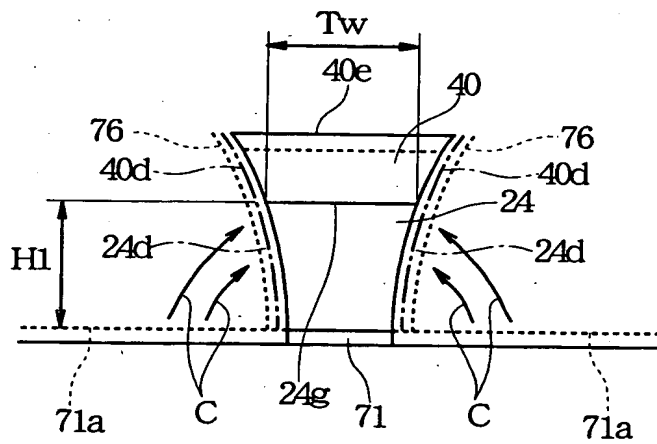
【図 2 1】

図 21



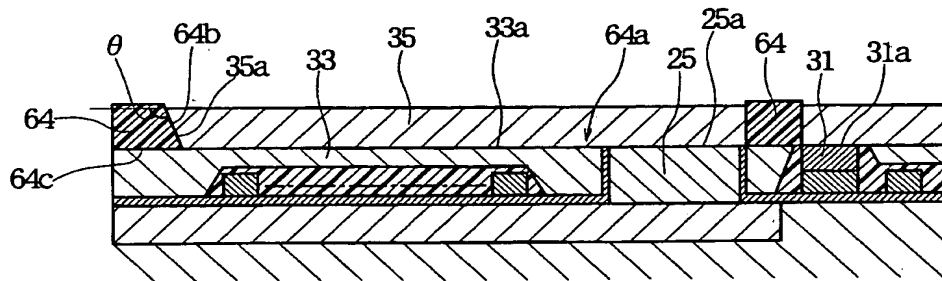
【図 2 2】

図 22



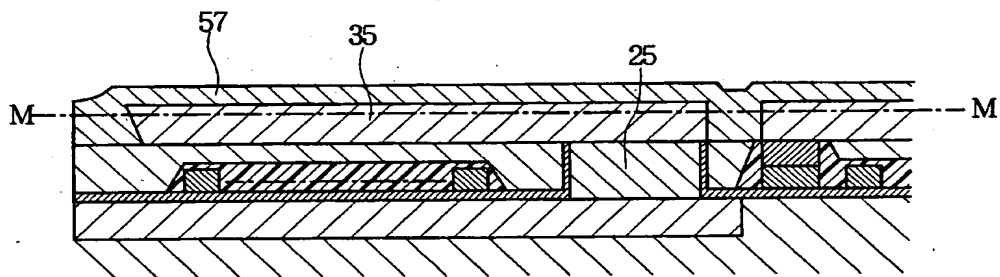
【図 2 3】

図 23



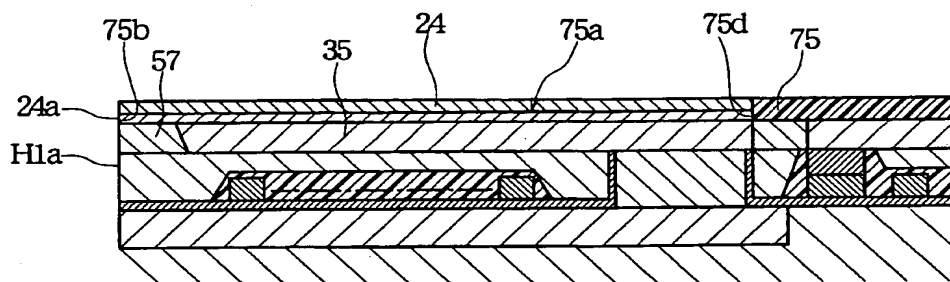
【図 2 4】

図 24



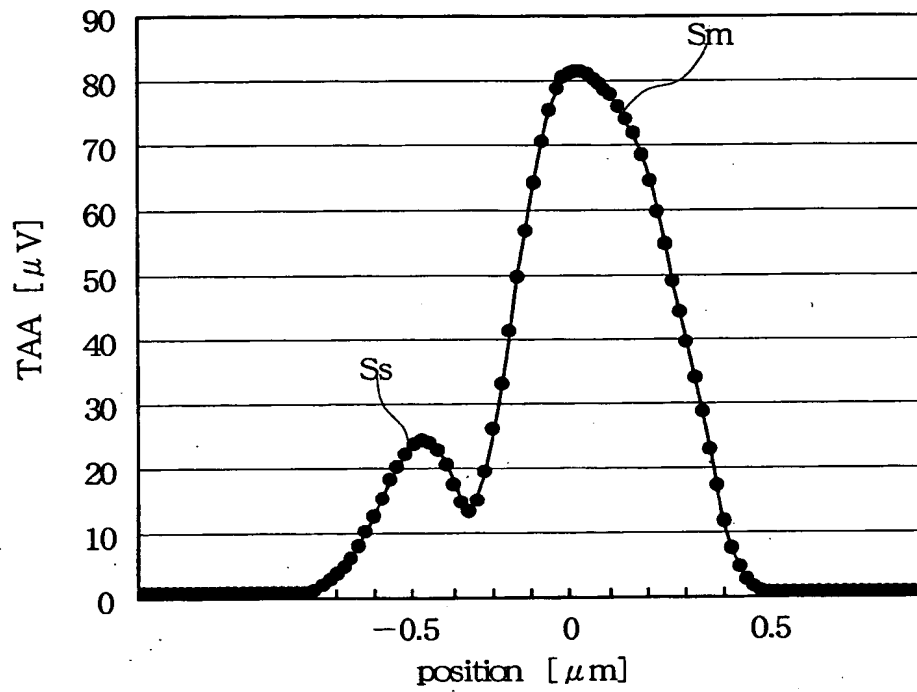
【図 2 5】

図 25



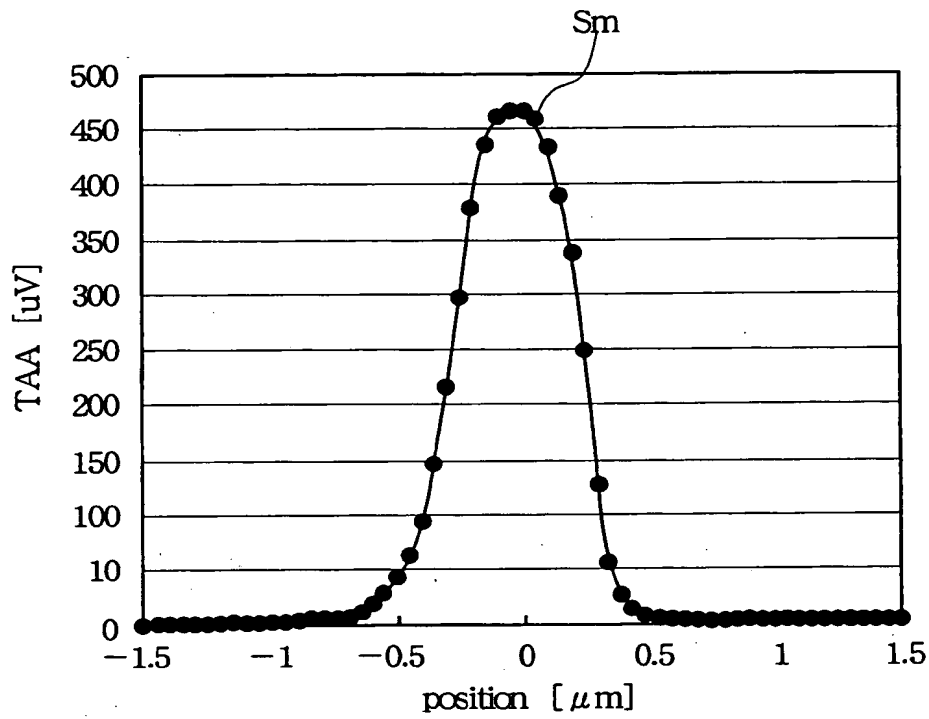
【図 2 6】

図 26

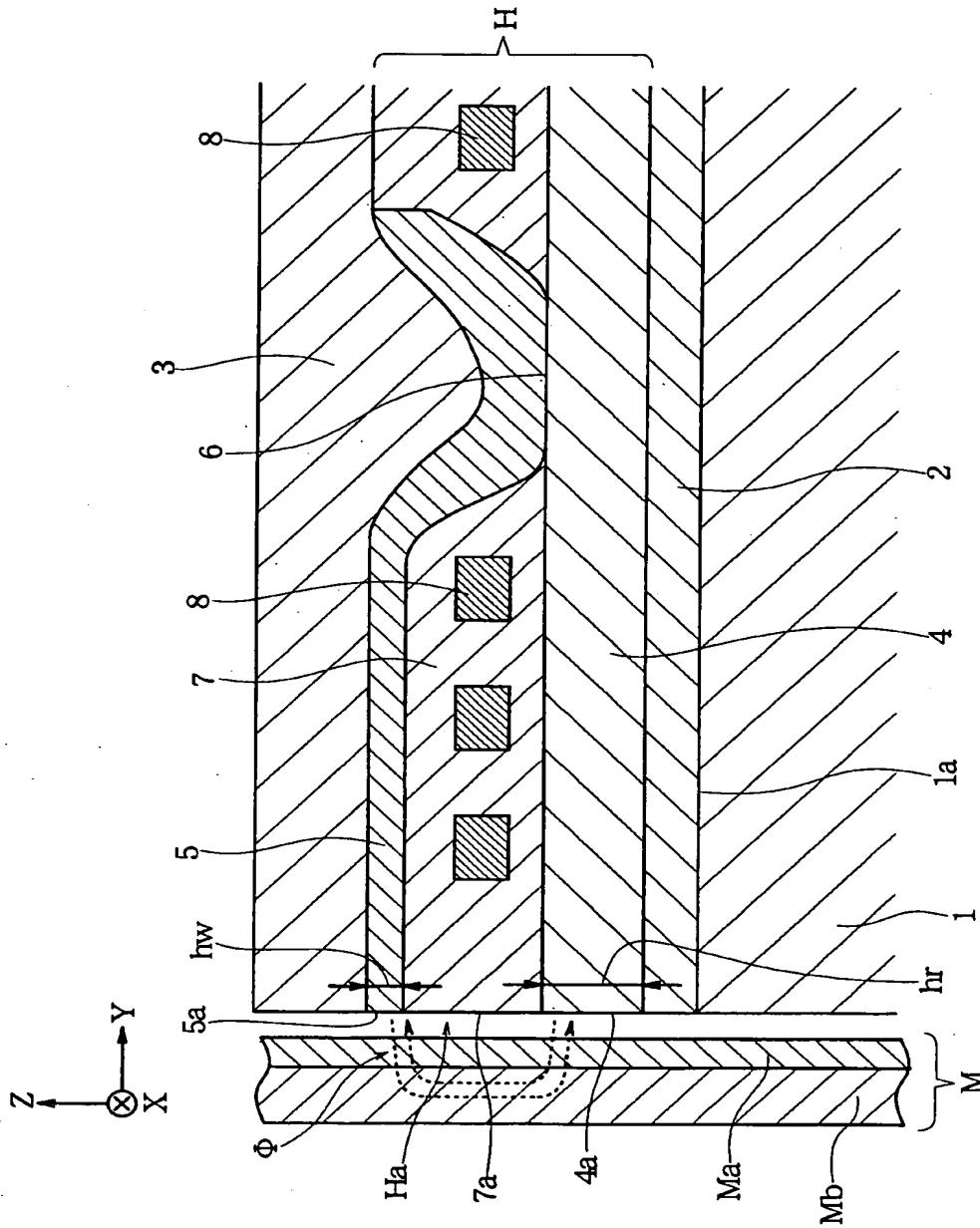


【図 2 7】

図 27

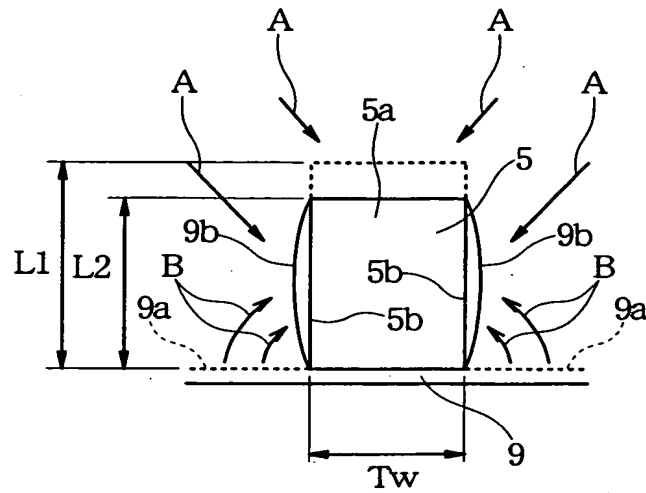


【図 28】



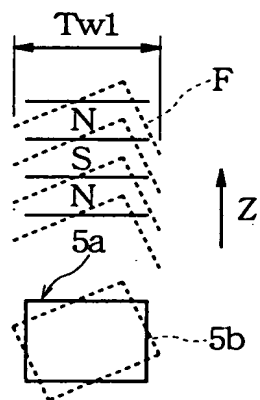
【図 2 9】

図 29



【図 3 0】

図 30



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 従来の垂直磁気記録方式の垂直磁気記録ヘッドでは、主磁極層の高さ寸法とトラック幅方向の幅寸法を独立して制御できず、メッキ下地層を除去する際などのミリングの影響で、前記主磁極層の高さ寸法が所定値より小さくなる問題があった。

【解決手段】 主磁極層 2 4 の上に非磁性層 4 0 を重ねて形成する。これにより前記主磁極層 2 4 の高さ寸法を一定値に保ちながら、製造工程の際に前記主磁極層 2 4 の両側端面 2 4 d に付着したメッキ下地層 7 1 の付着膜を適切に除去でき、また前記主磁極層 2 4 のトラック幅  $T_w$  を小さくすることができ、トラック幅方向の幅寸法の制御と高さ寸法の制御とを独立して行うことが可能である。

【選択図】 図 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 1 0 0 9 8 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号

氏 名 アルプス電気株式会社